

527/28

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



Rec'd PCT/PTO

08 MAR 2005



(43) 国際公開日
2004 年11 月18 日 (18.11.2004)

PCT

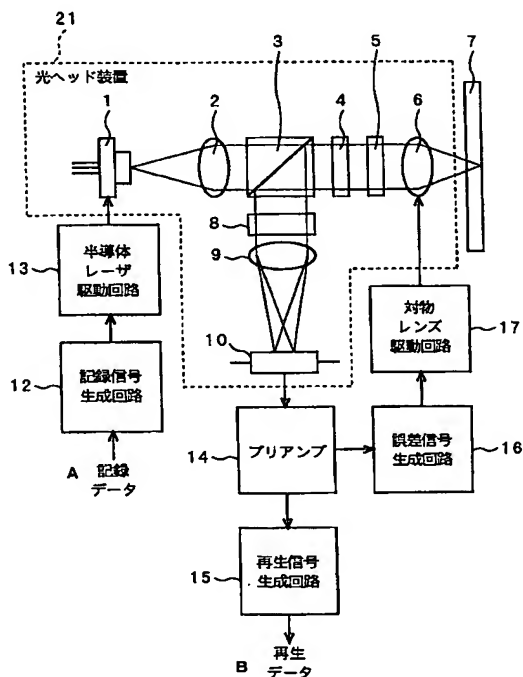
(10) 国際公開番号
WO 2004/100139 A1

- (51) 国際特許分類: G11B 7/135, 7/22
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006333
- (22) 国際出願日: 2004 年4 月30 日 (30.04.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-130814 2003 年5 月8 日 (08.05.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 片山 龍一 (KATAYAMA, Ryuichi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤巻 正憲 (FUJIMAKI, Masanori); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番2号 富国生命ビル5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL HEAD, PROCESS FOR MANUFACTURING THE SAME AND OPTICAL INFORMATION RECORDER/REPRODUCER

(54) 発明の名称: 光ヘッド装置、その製造方法及び光学式情報記録再生装置



21...OPTICAL HEAD
13...SEMICONDUCTOR LASER DRIVE CIRCUIT
12...RECORDING SIGNAL GENERATING CIRCUIT
14...PREAMPLIFIER
15...REPRODUCTION SIGNAL GENERATING CIRCUIT

17...OBJECT LENS DRIVING CIRCUIT
16...ERROR SIGNAL GENERATING CIRCUIT
A...RECORD DATA
B...REPRODUCED DATA

(57) Abstract: In order to correct a specified aberration occurring in an optical system, a plurality of types of aberration correcting optical element (4) having a different correction amount and/or sign of aberration are provided. The amount and sign of aberration occurring in the optical system from a semiconductor laser (1) to an objective lens (6) except the aberration correcting optical element (4) are measure by means of an interferometer, or the like. Depending on the measured amount and sign of aberration, one type of aberration correcting optical element (4) is selected, as required, from among the plurality of types of aberration correcting optical element (4) such that the residual RMS wave aberration is minimized after correction and then it is inserted into the optical system from the semiconductor laser (1) to the objective lens (6).

(57) 要約: 光学系で生じる特定の収差を補正するため、収差の補正量及び／又は符号が異なる複数種類の収差補正光学素子(4)を準備しておく。収差補正光学素子(4)を除く、半導体レーザ(1)から対物レンズ6までの光学系で生じる収差の複数種類の収差

[続葉有]

量及び符号を干渉計等により測定する。測定した収差の量及び符号に応じて、

WO 2004/100139 A1



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光ヘッド装置、その製造方法及び光学式情報記録再生装置

5 技術分野

本発明は、光記録媒体に対して記録及び／又は再生を行うための光ヘッド装置、その製造方法及び光学式情報記録再生装置に関し、特に、光ヘッド装置の光学系において生じる各種の収差を簡単に補正することが可能な光ヘッド装置、その製造方法及びこの光ヘッド装置が組み込まれた光学式情報記録再生装置に関する。

背景技術

光学式情報記録再生装置における記録密度は、光ヘッド装置が光記録媒体上に形成する集光スポットの径の2乗に反比例する。即ち、集光スポットの径が小さいほど記録密度は高くなる。集光スポットの径は光ヘッド装置における光源の波長に比例し、対物レンズの開口数に反比例する。即ち、光源の波長が短く、対物レンズの開口数が高いほど集光スポットの径は小さくなる。

ところで、光ヘッド装置の光学系においては、光学部品の製造誤差及び調整誤差等により、コマ収差、球面収差、非点収差、矢型収差等の各種の収差が生じる。例えば、対物レンズの入射面の中心と出射面の中心とが互いにずれるとコマ収差及び非点収差が生じ、対物レンズの入射面と出射面との間隔が設計からずれると球面収差が生じる。光ヘッド装置の光学系で各種の収差が生じると、集光スポットの形状が乱れ、記録再生特性が悪化する。コマ収差、球面収差、非点収差の大きさは、光源の波長に反比例し、夫々対物レンズの開口数の3乗、4乗、2乗に比例する。このため、光源

の波長が短く、対物レンズの開口数が高いほど、記録再生特性に対する各種の収差のマージンは狭くなる。従って、記録密度を高めるために光源の波長を短くして、対物レンズの開口数を高くした光ヘッド装置及び光学式情報記録再生装置においては、記録再生特性を悪化させないために、光ヘッド装置の光学系で生じる各種の収差を補正することが必要である。

各種の収差を補正することが可能な従来の光ヘッド装置として、光学系中に液晶光学素子を設けた光ヘッド装置が知られている（例えば、文献（オプティクス・デザイン 第21号 第50頁～第55頁）及び特開2002-373441号公報参照。）。図14は、従来の光学系中に液晶光学素子を設けた光ヘッド装置を示すブロック図である。図14に示すように、この従来の光ヘッド装置においては、半導体レーザ1が設けられており、この半導体レーザ1が出射するレーザ光の経路に沿って、半導体レーザ1から出射されたレーザ光を平行光とするコリメータレンズ2、P偏光を透過させS偏光を所定の方向に向けて反射する偏光ビームスプリッタ3、入射した光の位相分布を制御して透過させる液晶光学素子18、相互に垂直な方向に振動する直線偏光が入射したときに、これらの間に1/4波長分の位相差を与える1/4波長板5、入射した平行光を収束させる対物レンズ6が設けられており、この対物レンズ6の焦点に光記録媒体であるディスク7が配置されるようになっている。また、偏光ビームスプリッタ3により反射される光の経路に沿って、円筒レンズ8、レンズ9及び光検出器10が配置されている。光検出器10は、円筒レンズ8及びレンズ9からなる複合レンズにより形成される2つの焦線の間設置されている。

図14に示す従来の光ヘッド装置においては、光源である半導体レーザ1がレーザ光を出射し、このレーザ光がコリメータレンズ2により平行光化され、偏光ビームスプリッタ3にP偏光として入射してほぼ完全に透過し、液晶光学素子18を透過し、1/4波長板5を透過して直線偏光から

円偏光に変換され、対物レンズ6で光記録媒体であるディスク7上に集光される。そして、ディスク7において反射される。ディスク7からの反射光は対物レンズ6を逆向きに透過し、1/4波長板5を透過して円偏光から往路と偏光方向が直交した直線偏光に変換され、液晶光学素子18を逆向きに透過し、偏光ビームスプリッタ3にS偏光として入射してほぼ完全に反射され、円筒レンズ8及びレンズ9を透過することにより非点収差を与えられ、光検出器10で受光される。

図15(a)乃至(c)は液晶光学素子を示す平面図であり、(a)はコマ収差を補正する液晶光学素子18aを示し、(b)は球面収差を補正する液晶光学素子18bを示し、(c)は非点収差を補正する液晶光学素子18cを示す。液晶光学素子18a、18b、18cの構成は、例えば前述の文献(オプティクス・デザイン 第21号 第50頁～第55頁)に記載されている。なお、図中の破線は対物レンズ6の有効領域に相当する。液晶光学素子18a～18cは、各領域に印加する電圧を制御することにより、各領域の屈折率を制御して、入射光の位相分布を制御するものである。

図15(a)に示すように、液晶光学素子18aは、領域19a～19eの5つの領域に分割されている。領域19b及び19eに第1の電圧V1を印加し、領域19aに第2の電圧V2を印加し、領域19c及び19dに第3の電圧V3を印加する。このとき、 $V1 - V2 = V2 - V3 = V$ とし、電圧Vを変化させると透過光に対するコマ収差が変化する。そこで、電圧Vを調整することにより、光学系で生じているコマ収差を打ち消すようなコマ収差を液晶光学素子18aで発生させ、コマ収差の補正を行う。

また、図15(b)に示すように、液晶光学素子18bは、領域19f～19jの5つの領域に分割されている。領域19hに第1の電圧V1を印加し、領域19g及び19iに第2の電圧V2を印加し、領域19f及

び19jに第3の電圧 V_3 を印加する。このとき、 $V_1 - V_2 = V_2 - V_3 = V$ とし、電圧 V を変化させると透過光に対する球面収差が変化する。そこで、電圧 V を調整することにより、光学系で生じている球面収差を打ち消すような球面収差を液晶光学素子18bで発生させ、球面収差の補正
5 を行う。

更に、図15(c)に示すように、液晶光学素子18cは、領域19k～19oの5つの領域に分割されている。領域19l及び19mに第1の電圧 V_1 を印加し、領域19kに第2の電圧 V_2 を印加し、領域19n及び19oに第3の電圧 V_3 を印加する。このとき、 $V_1 - V_2 = V_2 - V_3 = V$ とし、電圧 V を変化させると透過光に対する非点収差が変化する。
10 そこで、電圧 V を調整することにより、光学系で生じている非点収差を打ち消すような非点収差を液晶光学素子18cで発生させ、非点収差の補正を行う。

一方、液晶光学素子以外の収差補正装置を組み込んだヘッド装置も開発
15 されている。例えば、複数の光学素子と、この複数の光学素子間の相対的な位置を制御する可動手段とを備えた収差補正装置を組み込んだヘッド装置が開示されている（例えば、特開2000-113494号公報及び特開2001-043549号公報参照。）。このようなヘッド装置においては、ヘッド装置の光学系において発生する収差に応じて、可動手段によ
20 り複数の光学素子の相対的な位置関係を制御することにより、収差補正装置の収差を前記ヘッド装置の収差を打ち消すように制御することができる。

また、予めヘッド装置の光学系の収差を打ち消すように調整された収差補正素子を、ヘッド装置に組み込む技術も開示されている（例えば、特開2003-006909号公報参照。）。

25 しかしながら、上述の従来技術には、以下に示すような問題点がある。
図14に示す従来の光ヘッド装置において、光学系で生じる各種の収差を

液晶光学素子 18 により補正するためには、液晶光学素子 18 の各領域に電圧を印加するための駆動回路（図示せず）が必要である。また、その駆動回路を制御するための、制御回路（図示せず）も必要である。従って、本光ヘッド装置を用いた光学式情報記録再生装置の構成が極めて複雑になり、コストが増大すると共に大型化する。

また、複数の光学素子及び可動手段を備えた収差補正装置を組み込んだヘッド装置においても、可動手段を動作させるための回路が必要となり、光学式情報記録再生装置の構成が複雑になる。

更に、ヘッド装置に、予めヘッド装置の光学系の収差を打ち消すように調整された収差補正素子を組み込む技術においては、以下に示す問題点がある。即ち、ヘッド装置の光学系の収差には機差があり、同一の設計により製造された複数台のヘッド装置においても、光学系の収差は相互に異なっている。このため、これらの複数台のヘッド装置に同じ収差補正素子を組み込んでも、収差を精度よく補正することができない。また、個々のヘッド装置に対して最適に調整された収差補正素子を作製すると、ヘッド装置の製造コストが極めて高くなってしまう。

発明の開示

本発明の目的は、従来の光ヘッド装置及び光学式情報記録再生装置における上述の課題を解決し、特別な駆動回路及び制御回路を必要とせず、光ヘッド装置の光学系で生じる各種の収差を簡単に低コストで補正することが可能な光ヘッド装置、その製造方法及び光学式情報記録再生装置を提供することにある。

本発明に係る光ヘッド装置は、光源と、この光源から出射した光を光記録媒体に集光する対物レンズと、前記光記録媒体により反射された光を検出する光検出器と、前記光源から前記対物レンズまでの前記光の経路に介

在しこの経路において発生する前記光の収差を補正する 1 又は複数枚の収差補正光学素子と、を有し、前記 1 又は複数枚の収差補正光学素子は、複数種類の収差補正光学素子の中から前記収差に応じて選択されたものであることを特徴とする。

- 5 本発明においては、光の経路に介在するように設けた収差補正光学素子により、この光の経路において生じる各種の収差を補正する。そして、この収差補正光学素子は、予め用意された複数種類の収差補正光学素子の中から、前記収差に応じて選択されたものであるため、収差を精度よく補正でき、また、収差補正光学素子を駆動するための駆動回路は不要である。
- 10 また、この駆動回路を制御するための制御回路も不要である。更に、個々のヘッド装置に対して最適に調整された収差補正光学素子を作製する必要もない。従って、この光ヘッド装置を組み込んだ光学式情報記録再生装置の構成を複雑にすることなく、低いコストで各種の収差を簡単に補正することができる。
- 15 また、前記複数種類の収差補正光学素子は、補正する収差の種類、符号又は補正量が相互に異なるものであることが好ましい。これにより、光の経路において生じる収差がどのようなものであっても、多くの場合について収差を補正することができる。
- 20 更に、前記収差補正光学素子における前記光が入射又は出射する表面のうち少なくとも一方の表面が、2 レベル以上のステップを有する階段状であってもよい。これにより、収差補正光学素子を容易に作製することができる。
- 25 又は、前記収差補正光学素子における前記光が入射又は出射する表面のうち少なくとも一方の表面が、曲面により形成されていてもよい。これにより、収差を精度良く補正することができる。

本発明に係る光ヘッド装置の製造方法は、光源、この光源から出射した

光を光記録媒体に集光する対物レンズ、及び前記光記録媒体により反射された光を検出する光検出器を備えた光学系を組み立てる工程と、前記光学系における前記光源から前記対物レンズまでの前記光の経路において発生する収差を測定する工程と、この収差の測定結果に基づいて複数種類の収差補正光学素子の中から前記光の収差を補正する 1 又は複数枚の収差補正光学素子を選択して、前記光の経路に介在するように前記光学系に組み込む工程と、を有することを特徴とする。

本発明に係る光学式情報記録再生装置は、前記光ヘッド装置と、前記光源を駆動する第一の回路と、前記光検出器の出力信号に基づいて再生信号及び誤差信号を生成する第二の回路と、前記誤差信号に基づいて前記対物レンズの位置を制御する第三の回路と、を有することを特徴とする。

本発明によれば、複数種類の収差補正光学素子の中から、収差に応じて選択された 1 又は複数枚の収差補正光学素子を組み込むことにより、光ヘッド装置の光学系で生じる各種の収差を、特別な駆動回路や制御回路を必要とせずに簡単に補正することができる。これにより、光学式情報記録再生装置を低コスト化及び小型化することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る光学式情報記録再生装置を示すブロック図である。

図 2 (a) は、本実施形態におけるコマ収差を補正する収差補正光学素子 4 a を示す平面図であり、図 2 (b) 乃至図 2 (e) は図 2 (a) に示す A-A' 線による断面図である。

図 3 (a) は、本実施形態における球面収差を補正する収差補正光学素子 4 b を示す平面図であり、図 3 (b) 乃至図 3 (e) は図 3 (a) に示す B-B' 線による断面図である。

図 4 (a) は、本実施形態における非点収差を補正する収差補正光学素子 4 c を示す平面図であり、図 4 (b) 乃至図 4 (e) は図 4 (a) に示す C-C' 線による断面図である。

図 5 (a) は、本実施形態における矢型収差を補正する収差補正光学素子 4 d を示す平面図であり、図 5 (b) 乃至図 5 (e) は図 5 (a) に示す D-D' 線による断面図である。

図 6 (a) 乃至図 6 (h) は、横軸に収差補正光学素子 4 a の中心を通る X 方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は収差補正光学素子 4 a の波面収差を示すグラフ図である。

10 図 7 (a) 乃至図 7 (h) は、横軸に収差補正光学素子 4 b の中心を通る X 方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は収差補正光学素子 4 b の波面収差を示すグラフ図である。

図 8 (a) 乃至図 8 (h) は、横軸に収差補正光学素子 4 c の中心を通る X 方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は
15 収差補正光学素子 4 c の波面収差を示すグラフ図である。

図 9 (a) 乃至図 9 (h) は、横軸に収差補正光学素子 4 d の中心を通る X 方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は収差補正光学素子 4 d の波面収差を示すグラフ図である。

図 10 (a) は、本発明の第 2 の実施形態におけるコマ収差を補正する
20 収差補正光学素子 4 e を示す平面図であり、図 10 (b) 乃至図 10 (e) は図 10 (a) に示す E-E' 線による断面図である。

図 11 (a) は、本実施形態における球面収差を補正する収差補正光学素子 4 f を示す平面図であり、図 11 (b) 乃至図 11 (e) は図 11 (a) に示す F-F' 線による断面図である。

25 図 12 (a) は、本実施形態における非点収差を補正する収差補正光学素子 4 g を示す平面図であり、図 12 (b) 乃至図 12 (e) は図 12 (a)

に示すG-G'線による断面図である。

図13(a)は、本実施形態における矢型収差を補正する収差補正光学素子4hを示す平面図であり、図13(b)乃至図13(e)は図13(a)に示すH-H'線による断面図である。

5 図14は、従来の光学系中に液晶光学素子を設けた光ヘッド装置を示すブロック図である。

図15(a)乃至図15(c)は液晶光学素子を示す平面図であり、図15(a)はコマ収差を補正する液晶光学素子18aを示し、図15(b)は球面収差を補正する液晶光学素子18bを示し、図15(c)は非点収
10 差を補正する液晶光学素子18cを示す。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照して具体的に説明する。先ず、本発明の第1の実施形態について説明する。図1は、本実施形態に係る光学式情報記録再生装置を示すブロック図であり、図2(a)乃至2(e)、図3(a)乃至3(e)、図4(a)乃至4(e)、図5(a)乃至5(e)は、この光学式情報記録再生装置の光ヘッド装置に組み込まれる収差補正光学素子を示す図であり、各図の(a)は平面図であり、各図の(b)乃至(e)は断面図である。本実施形態に係る光学式情報記録
15 再生装置は、例えば、DVD (Digital Versatile Disc) ドライブである。

図1に示すように、本実施形態に係る光学式情報記録再生装置においては、光ヘッド装置21が組み込まれている。光ヘッド装置21においては、半導体レーザ1が設けられており、この半導体レーザ1が出射するレーザ光の経路に沿って、半導体レーザ1から出射されたレーザ光を平行光とする
20 コリメータレンズ2、P偏光を透過させS偏光を所定の方に反射する偏光ビームスプリッタ3、光学系の収差を補正する収差補正光学素子4、

相互に垂直な方向に振動する直線偏光が入射したときにこれらの間に $1/4$ 波長分の位相差を与える $1/4$ 波長板 5、入射した平行光を収束させる対物レンズ 6 が設けられており、この対物レンズ 6 の焦点に光記録媒体であるディスク 7 が位置するようになっている。

- 5 また、偏光ビームスプリッタ 3 により反射される光の経路に沿って、円筒レンズ 8、レンズ 9 及び光検出器 10 が配置されている。なお、円筒レンズ 8 及びレンズ 9 により、光に非点収差を与える複合レンズが構成されている。光検出器 10 は、円筒レンズ 8 及びレンズ 9 からなる複合レンズにより形成される 2 つの焦線の間設置されている。光検出器 10 においては、光の受光面に複数の受光部（図示せず）が配列されており、各受光部が受光した光の強度を測定することにより、入射した光から各種の信号を検出するものである。

- 15 更に、図 1 に示すように、本実施形態に係る光学式情報記録再生装置における光ヘッド装置 21 の外部には、外部から入力される記録データに基づき、半導体レーザ 1 を駆動するための記録信号を生成する記録信号生成回路 12 が設けられている。また、記録信号生成回路 12 から出力された記録信号が入力され、この記録信号に基づいて半導体レーザ 1 を駆動するための駆動信号を生成し、これを半導体レーザ 1 に対して出力する半導体レーザ駆動回路 13 が設けられている。

- 20 更にまた、光検出器 10 から出力された電流信号を電圧信号に変換するプリアンプ 14 が設けられており、このプリアンプ 14 から出力された電圧信号に基づいて再生信号を生成して再生データを外部へ出力する再生信号生成回路 15 が設けられている。また、プリアンプ 14 から出力された電圧信号に基づいて、対物レンズ 6 を駆動するためのフォーカス誤差信号及びトラック誤差信号を生成する誤差信号生成回路 16 が設けられており、
25 このフォーカス誤差信号及びトラック誤差信号が入力され、これらの信号

に基づいて駆動信号を生成する対物レンズ駆動回路 17 が設けられており、この対物レンズ駆動回路 17 から出力された駆動信号が入力され、対物レンズ 6 の位置を制御するアクチュエータ（図示せず）が設けられている。

更に、本実施形態に係る光学式情報記録再生装置においては、ディスク 7 を回転させるスピンドル制御回路、及び光ヘッド装置 21 全体をディスク 7 に対して移動させるポジショナ制御回路等が設けられている。

前述の如く、収差補正光学素子 4 は、半導体レーザ 1 から対物レンズ 6 までの光の経路に介在している。図 1 においては、偏光ビームスプリッタ 3 と 1/4 波長板 5 の間に挿入されているが、半導体レーザ 1 から対物レンズ 6 までの光学系中であれば、どこに挿入されていても良い。また、収差補正光学素子 4 は、以下に説明する複数の収差補正光学素子から選択された 1 枚又は 2 枚以上の収差補正光学素子であり、光ヘッド装置 21 において発生している収差を最も効果的に補正できる収差補正光学素子が選択され、光ヘッド装置 21 に組み込まれる。以下、光ヘッド装置 21 に組み込まれる収差補正光学素子 4 の候補となる複数の収差補正光学素子について、詳細に説明する。

光学系で生じるコマ収差を補正する場合、収差補正光学素子 4 として、図 2 に示す収差補正光学素子 4 a を使用する。図 2 (a) は収差補正光学素子 4 a を示す平面図である。図 2 (a) に示すように、収差補正光学素子 4 a は、領域 11 a ~ 11 e の 5 つの領域に分割されている。なお、図中の破線は対物レンズ 6 の有効領域を示している。

収差補正光学素子 4 a においては、外縁が +X 方向及び -X 方向に膨らんだ凸形曲線からなる領域 11 a が設けられており、この領域 11 a の Y 方向における両端は、対物レンズ 6 の有効領域の外側にはみ出し、夫々収差補正光学素子 4 a の端縁に接している。また、X 方向における領域 11 a の両側が、夫々領域 11 d 及び 11 e となっている。更に、領域 11 a

の内部における領域 1 1 a の Y 軸に平行な中心線に関して相互に対称となる位置に、2 つの領域 1 1 b 及び 1 1 c が設けられている。

収差補正光学素子 4 a は、コマ収差の補正量及び／又は符号の違いにより、更に 4 種類の収差補正光学素子 4 a₁ ～ 4 a₄ に分類できる。図 2 (b) 乃至 (e) は、コマ収差の補正量及び／又は符号が相互に異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 a₁ ～ 4 a₄ を示す図 2 (a) に示す A-A' 線による断面図である。図 2 (b) 乃至 (e) に示すように、収差補正光学素子 4 a₁ ～ 4 a₄ の表面形状は 3 レベルの階段状である。

図 2 (b) に示す収差補正光学素子 4 a₁ においては、領域 1 1 b 及び 1 1 e の高さは領域 1 1 a の高さに比べて h だけ高く、領域 1 1 c 及び 1 1 d の高さは領域 1 1 a の高さに比べて h だけ低い。図 2 (c) に示す収差補正光学素子 4 a₂ においては、領域 1 1 b 及び 1 1 e の高さは領域 1 1 a の高さに比べて 2 h だけ高く、領域 1 1 c 及び 1 1 d の高さは領域 1 1 a の高さに比べて 2 h だけ低い。図 2 (d) に示す収差補正光学素子 4 a₃ においては、領域 1 1 b 及び 1 1 e の高さは領域 1 1 a の高さに比べて h だけ低く、領域 1 1 c 及び 1 1 d の高さは領域 1 1 a の高さに比べて h だけ高い。図 2 (e) に示す収差補正光学素子 4 a₄ においては、領域 1 1 b 及び 1 1 e の高さは領域 1 1 a の高さに比べて 2 h だけ低く、領域 1 1 c 及び 1 1 d の高さは領域 1 1 a の高さに比べて 2 h だけ高い。一方、収差補正光学素子 4 a の中心を通る Y 方向の断面は平坦である。

このような断面を有する収差補正光学素子 4 a は、ガラス若しくはプラスチックの成形により、又は、ガラス上に誘電体を堆積させることにより作製することができる。後者の作製方法は、フォトリソグラフィのプロセスを適用できるため製造コストが低く、量産性に優れている。

光学系で生じる球面収差を補正する場合、収差補正光学素子 4 として、図 3 に示す収差補正光学素子 4 b を使用する。図 3 (a) は収差補正光学

素子 4 b を示す平面図である。図 3 (a) に示すように、収差補正光学素子 4 b は、領域 1 1 f ~ 1 1 j の 5 つの領域に分割されている。なお、図中の破線は対物レンズ 6 の有効領域を示している。

収差補正光学素子 4 b においては、中心が収差補正光学素子 4 b の中心と一致する円形の領域 1 1 f が設けられており、この領域 1 1 f の周囲に、内側から外側に向かって、領域 1 1 f と同心円状に環状の領域 1 1 g、1 1 h 及び 1 1 i が設けられており、収差補正光学素子 4 b における領域 1 1 i の外側が領域 1 1 j となっている。なお、領域 1 1 i の外縁は対物レンズ 6 の有効領域に相当する領域の内部に位置している。

- 10 収差補正光学素子 4 b は、球面収差の補正量及び／又は符号の違いにより、更に 4 種類の収差補正光学素子 4 b₁ ~ 4 b₄ に分類できる。図 3 (b) 乃至 (e) は、球面収差の補正量及び／又は符号が相互に異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 b₁ ~ 4 b₄ を示す図 3 (a) に示す B - B' 線による断面図である。図 3 (b) 乃至 (e) に示すように、収差補正光学素子 4 b₁ ~ 4 b₄ の表面形状は 3 レベルの階段状である。

- 図 3 (b) に示す収差補正光学素子 4 b₁ においては、領域 1 1 h の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて h だけ高く、領域 1 1 f 及び 1 1 j の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて h だけ低い。図 3 (c) に示す収差補正光学素子 4 b₂ においては、領域 1 1 h の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて 2 h だけ高く、領域 1 1 f 及び 1 1 j の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて 2 h だけ低い。図 3 (d) に示す収差補正光学素子 4 b₃ においては、領域 1 1 h の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて h だけ低く、領域 1 1 f 及び 1 1 j の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて h だけ高い。図 3 (e) に示す収差補正光学素子 4 b₄ においては、領域 1 1 h の高さは領域 1 1 g 及び 1 1 i の高さに比べて 2 h だけ低く、領域 1 1 f 及び 1 1 j の高さは領域 1 1 g 及び

1 1 i の高さに比べて 2 h だけ高い。一方、収差補正光学素子 4 b の中心を通る Y 方向の断面は、中心を通る X 方向の断面と同じである。

このような断面を有する収差補正光学素子 4 b は、ガラス若しくはプラスチックの成形により、又は、ガラス上に誘電体を堆積させることにより
5 作製することができる。後者の作製方法は、フォトリソグラフィのプロセスを適用できるため製造コストが低く、量産性に優れている。

光学系で生じる非点収差を補正する場合、収差補正光学素子 4 として、図 4 に示す収差補正光学素子 4 c を使用する。図 4 (a) は収差補正光学素子 4 c を示す平面図である。図 4 (a) に示すように、収差補正光学素子 4 c は、領域 1 1 k ~ 1 1 o の 5 つの領域に分割されている。なお、図
10 中の破線は対物レンズ 6 の有効領域を示している。

収差補正光学素子 4 c においては、中心が収差補正光学素子 4 c の中心と一致する円形の領域 1 1 k が設けられており、この領域 1 1 k の外側に領域 1 1 l ~ 1 1 o が収差補正光学素子 4 c の中心に関して 4 回対称となるように設けられている。領域 1 1 k から見て、+ Y 方向には領域 1 1 l
15 が設けられており、- Y 方向には領域 1 1 m が設けられており、- X 方向には領域 1 1 n が設けられており、+ X 方向には領域 1 1 o が設けられている。領域 1 1 l ~ 1 1 o における相互間の境界線は、収差補正光学素子 4 c の対角線と一致している。なお、領域 1 1 k は対物レンズ 6 の有効領域の内部にある。
20

収差補正光学素子 4 c は、非点収差の補正量及び／又は符号の違いにより、更に 4 種類の収差補正光学素子 4 c₁ ~ 4 c₄ に分類できる。図 4 (b) 乃至 (e) は、非点収差の補正量及び／又は符号が異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 c₁ ~ 4 c₄ を示す図 4 (a) に示す C-C' 線による断面図
25 である。図 4 (b) 乃至 (e) に示すように、収差補正光学素子 4 c₁ ~ 4 c₄ の中心を通る X 方向の断面形状は 2 レベルの階段状である。

図4 (b) に示す収差補正光学素子4 c₁においては、領域1 1 n及び1 1 oの高さは領域1 1 kの高さに比べてhだけ高い。図4 (c) に示す収差補正光学素子4 c₂においては、領域1 1 n及び1 1 oの高さは領域1 1 kの高さに比べて2 hだけ高い。図4 (d) に示す収差補正光学素子4 c₃においては、領域1 1 n及び1 1 oの高さは領域1 1 kの高さに比べてhだけ低い。図4 (e) に示す収差補正光学素子4 c₄においては、領域1 1 n及び1 1 oの高さは領域1 1 kの高さに比べて2 hだけ低い。

一方、収差補正光学素子4 cの中心を通るY方向の断面形状(図示せず)は、同じく2レベルの階段状である。図4 (b) に示す収差補正光学素子4 c₁においては、領域1 1 l及び1 1 mの高さは領域1 1 kの高さに比べてhだけ低い。図4 (c) に示す収差補正光学素子4 c₂においては、領域1 1 l及び1 1 mの高さは領域1 1 kの高さに比べて2 hだけ低い。図4 (d) に示す収差補正光学素子4 c₃においては、領域1 1 l及び1 1 mの高さは領域1 1 kの高さに比べてhだけ高い。図4 (e) に示す収差補正光学素子4 c₄においては、領域1 1 l及び1 1 mの高さは領域1 1 kの高さに比べて2 hだけ高い。即ち、収差補正光学素子4 cの表面形状は、全体として3レベルの階段状である。

このような断面を有する収差補正光学素子4 cは、ガラス若しくはプラスチックの成形により、又は、ガラス上に誘電体を堆積させることにより作製することができる。後者の作製方法は、フォトリソグラフィのプロセスを適用できるため、製造コストが低く、量産性に優れている。

光学系で生じる矢型収差を補正する場合、収差補正光学素子4として、図5に示す収差補正光学素子4 dを使用する。図5 (a) は収差補正光学素子4 dを示す平面図である。図5 (a) に示すように、収差補正光学素子4 d全体の形状は、光軸方向から見て正六角形である。そして、収差補正光学素子4 dは、領域1 1 p～1 1 vの7つの領域に分割されている。

なお、図中の破線は対物レンズ6の有効領域を示している。

収差補正光学素子4dにおいては、中心が収差補正光学素子4dの中心と一致する円形の領域11pが設けられており、この領域11pの外側に領域11q～11vが収差補正光学素子4dの中心に関して6回対称となるように設けられている。領域11pから見て、 $-X$ 方向には領域11qが設けられており、 $+X$ 方向から $-Y$ 方向へ 60° 傾いた方向には領域11rが設けられており、 $+X$ 方向から $+Y$ 方向へ 60° 傾いた方向には領域11sが設けられており、 $+X$ 方向には領域11tが設けられており、 $-X$ 方向から $+Y$ 方向へ 60° 傾いた方向には領域11uが設けられており、 $-X$ 方向から $-Y$ 方向へ 60° 傾いた方向には領域11vが設けられている。即ち、領域11s、領域11t、領域11r、領域11v、領域11q及び領域11uは、円形の領域11pを囲むようにこの順に配列されている。領域11q～11vにおける相互間の境界線は、収差補正光学素子4dの対角線と一致している。なお、領域11pは対物レンズ6の有効領域の内部にある。

収差補正光学素子4dは、矢型収差の補正量及び／又は符号の違いにより、更に4種類の収差補正光学素子4d₁～4d₄に分類できる。図5(b)乃至(e)は、矢型収差の補正量及び／又は符号が異なる4種類の収差補正光学素子4d₁～4d₄を示す図5(a)に示すD-D'線による断面図である。図5(b)乃至(e)に示すように、収差補正光学素子4d₁～4d₄の中心を通るX方向の断面形状は3レベルの階段状である。

図5(b)に示す収差補正光学素子4d₁においては、領域11qの高さは領域11pの高さに比べてhだけ低く、領域11tの高さは領域11pの高さに比べてhだけ高い。図5(c)に示す収差補正光学素子4d₂においては、領域11qの高さは領域11pの高さに比べて2hだけ低く、領域11tの高さは領域11pの高さに比べて2hだけ高い。図5(d)

に示す収差補正光学素子 4 d₃においては、領域 1 1 q の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ高く、領域 1 1 t の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ低い。図 5 (e) に示す収差補正光学素子 4 d₄においては、領域 1 1 q の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ高く、領域 1 1 t の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ低い。

一方、収差補正光学素子 4 d の中心を通り、+X 方向から -Y 方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における素子の形状（図示せず）は、X 方向に平行な断面と同じく 3 レベルの階段状である。図 5 (b) に示す収差補正光学素子 4 d₁においては、領域 1 1 r の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ低く、領域 1 1 u の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ高い。図 5 (c) に示す収差補正光学素子 4 d₂においては、領域 1 1 r の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ低く、領域 1 1 u の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ高い。図 5 (d) に示す収差補正光学素子 4 d₃においては、領域 1 1 r の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ高く、領域 1 1 u の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ低い。図 5 (e) に示す収差補正光学素子 4 d₄においては、領域 1 1 r の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ高く、領域 1 1 u の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ低い。

また、収差補正光学素子 4 d の中心を通り、+X 方向から +Y 方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における素子の形状（図示せず）は、X 方向に平行な断面と同じく 3 レベルの階段状である。図 5 (b) に示す収差補正光学素子 4 d₁においては、領域 1 1 s の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ低く、領域 1 1 v の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ高い。図 5 (c) に示す収差補正光学素子 4 d₂においては、領域 1 1 s の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ低く、領域 1 1 v の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ高い。図 5 (d) に示す収差補正光学素子

4 d₃においては、領域 1 1 s の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ高く、領域 1 1 v の高さは領域 1 1 p の高さに比べて h だけ低い。図 5 (e) に示す収差補正光学素子 4 d₄においては、領域 1 1 s の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ高く、領域 1 1 v の高さは領域 1 1 p の高さに比べて 2 h だけ低い。

このような断面を有する収差補正光学素子 4 d は、ガラス若しくはプラスチックの成形により、又は、ガラス上に誘電体を堆積させることにより作製することができる。後者の作製方法は、フォトリソグラフィのプロセスを適用できるため製造コストが低く、量産性に優れている。

- 10 次に、本実施形態に係る光ヘッド装置 2 1 の製造方法について説明する。先ず、図 1 に示すように、半導体レーザ 1、コリメータレンズ 2、偏光ビームスプリッタ 3、1/4 波長板 5、対物レンズ 6 を、半導体レーザ 1 が
- 15 出射するレーザ光の経路に沿ってこの順に配列し、光学系を組み立てる。また、偏光ビームスプリッタ 3 により反射される光の経路に沿って、円筒
- 15 レンズ 8、レンズ 9 及び光検出器 1 0 をこの順に配列する。一方、収差補正光学素子として、前述の収差補正光学素子 4 a₁ ~ 4 a₄、4 b₁ ~ 4 b₄、4 c₁ ~ 4 c₄、4 d₁ ~ 4 d₄ を準備しておく。

- 次に、半導体レーザ 1、コリメータレンズ 2、偏光ビームスプリッタ 3、1/4 波長板 5、対物レンズ 6 からなる光路における光の収差を、干渉計
- 20 等により測定する。そして、この収差の種類、符号及び収差量に応じて、この収差を補正できるような収差補正光学素子を収差補正光学素子 4 a₁ ~ 4 a₄、4 b₁ ~ 4 b₄、4 c₁ ~ 4 c₄、4 d₁ ~ 4 d₄ から 1 枚又は複数枚選択し、選択した収差補正光学素子 4 を偏光ビームスプリッタ 3 と 1/4 波長板 5 との間に、光路に介在するように組み込む。このとき、収差補
- 25 正光学素子 4 により補正される収差の方向が測定された収差の方向と一致するように、収差補正光学素子 4 を入射光の光軸を中心軸として回転させ

ながら、収差補正光学素子 4 の方向を調整してもよい。これにより、光ヘッド装置 2 1 が製造される。

次に、上述の如く構成された本実施形態に係る光学式情報記録再生装置の動作について説明する。まず、ディスク 7 への記録動作について説明する。図 1 に示すように、まず、外部から記録データが記録信号生成回路 1 2 に入力される。そして、この記録信号生成回路 1 2 が入力された記録データに基づき、半導体レーザ 1 を駆動するための記録信号を生成し、半導体レーザ駆動回路 1 3 に対して出力する。次に、半導体レーザ駆動回路 1 3 がこの記録信号に基づいて駆動信号を生成し、光ヘッド装置 2 1 の半導体レーザ 1 に対して出力する。

そして、半導体レーザ 1 が入力された駆動信号に基づいてレーザ光を出射する。このレーザ光はコリメータレンズ 2 により平行光化され、偏光ビームスプリッタ 3 に P 偏光として入射してほぼ完全に透過し、収差補正光学素子 4 を透過することにより往路における収差が補正される。次に、この光は 1 / 4 波長板 5 を透過して直線偏光から円偏光に変換され、対物レンズ 6 でディスク 7 上に集光される。これにより、ディスク 7 にデータが書き込まれ、信号が記録される。

そして、この光はディスク 7 により反射され、対物レンズ 6 を逆向きに透過し、1 / 4 波長板 5 を透過して円偏光から往路と偏光方向が直交した直線偏光に変換され、収差補正光学素子 4 を透過することにより復路における収差が補正され、偏光ビームスプリッタ 3 に S 偏光として入射してほぼ完全に反射され、円筒レンズ 8 に向けて出射される。この光が円筒レンズ 8 及びレンズ 9 を透過することにより非点収差を与えられ、光検出器 1 0 に入射する。そして、光検出器 1 0 の各受光部が受光した光の強度に基づいて電流信号を生成し、プリアンプ 1 4 に対して出力する。

次に、図 1 に示すように、プリアンプ 1 4 が入力された電流信号を電圧

信号に変換し、再生信号生成回路 15 及び誤差信号生成回路 16 に対して出力する。そして、誤差信号生成回路 16 が、プリアンプ 14 から入力される電圧信号に基づいて、対物レンズ 6 を駆動するためのフォーカス誤差信号及びトラック誤差信号を生成する。

- 5 そして、対物レンズ駆動回路 17 が、誤差信号生成回路 16 から入力されるフォーカス誤差信号及びトラック誤差信号に基づいてアクチュエータを駆動し、対物レンズ 6 の位置を制御する。これにより、フォーカスサーボ及びトラックサーボの動作が行われる。

- 次に、ディスク 7 からの再生動作について説明する。データの再生時に
10 においては、半導体レーザ駆動回路 13 は外部から入力される記録データに基づいて半導体レーザ 1 を駆動するのではなく、半導体レーザ 1 に一定の出力でレーザ光を出射させる。そして、前述の記録動作と同様な動作により、レーザ光がディスク 7 上に集光して反射され、光検出器 10 により電
15 流信号として取り出される。次いで、プリアンプ 14 がこの電流信号を電圧信号に変換して再生信号生成回路 15 及び誤差信号生成回路 16 に対して出力する。

- 次に、再生信号生成回路 15 が、プリアンプ 14 から入力される電圧信号に基づき、再生信号を生成し、再生データとして外部へ出力する。これにより、ディスク 7 からの信号の再生が行われる。なお、誤差信号生成回路
20 16、対物レンズ駆動回路 17 及びアクチュエータの動作は、前述のデータ記録時と同様である。

- 以下、上述の光学式情報記録再生装置の動作における収差補正光学素子 4 の作用について、詳細に説明する。図 6 (a) 乃至 (h) は、横軸に収差補正光学素子 4 a の中心を通る X 方向の断面における位置をとり、縦軸
25 に収差量をとって、光学系又は収差補正光学素子 4 a の波面収差を示すグラフ図であり、図 6 (a) 乃至 (d) に示す実線は光学系において生じる

コマ収差を示しており、破線は収差補正光学素子 4 a により生じる波面収差を示しており、図 6 (e) 乃至 (h) に示す実線は収差補正光学素子 4 a を用いて光学系で生じるコマ収差を補正した場合の波面収差を示している。

- 5 図 6 (a) においては、光学系で生じるコマ収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負と変化しており、RMS (root mean square : 二乗平均平方根) 波面収差は 0.02λ である。このコマ収差を補正するため、図 2 (b) に示す収差補正光学素子 4 a₁ を使用する。収差補正光学素子 4 a₁ で生じるコマ収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって負、
- 10 正、負、正と変化している。図 2 (b) における高さ h は、収差補正光学素子 4 a₁ を使用して図 6 (a) に示すコマ収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるように設計されている。図 6 (e) はこのときの残留波面収差、即ち図 6 (a) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。
- 15 図 6 (b) においては、光学系で生じるコマ収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負と変化しており、RMS 波面収差は 0.04λ である。このコマ収差を補正するため、図 2 (c) に示す収差補正光学素子 4 a₂ を使用する。収差補正光学素子 4 a₂ で生じるコマ収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって負、正、負、正と変化している。図 2 (c)
- 20 における高さ 2 h は、収差補正光学素子 4 a₂ を使用して図 6 (b) に示すコマ収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるように設計されている。図 6 (f) はこのときの残留波面収差、即ち図 6 (b) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。
- 25 図 6 (c) においては、光学系で生じるコマ収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって負、正、負、正と変化しており、RMS 波面収差は 0.0

2 λ である。このコマ収差を補正するため、図2 (d) に示す収差補正光学素子4 a₃を使用する。収差補正光学素子4 a₃で生じるコマ収差は、X軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負と変化している。図2 (d) における高さhは、収差補正光学素子4 a₃を使用して図6 (c) に示す
5 コマ収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図6 (g) はこのときの残留波面収差、即ち図6 (c) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0 λ に近づいていることがわかる。

図6 (d) においては、光学系で生じるコマ収差がX軸の負の側から正
10 の側へ向かって負、正、負、正と変化しており、RMS波面収差は0. 04 λ である。このコマ収差を補正するため、図6 (e) に示す収差補正光学素子4 a₄を使用する。収差補正光学素子4 a₄で生じるコマ収差は、X軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負と変化している。図2 (e) における高さ2 hは、収差補正光学素子4 a₄を使用して図6 (d) に示
15 すコマ収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図6 (h) はこのときの残留波面収差、即ち図6 (d) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0 λ に近づいていることがわかる。

一方、収差補正光学素子4 aの中心を通るY方向の断面における波面収
20 差は0 λ である。

光学系で生じるコマ収差がRMS波面収差として最大0. 05 λ であるとする。このとき、例えば、図2 (b) 乃至 (e) に示す4種類の収差補正光学素子4 aを準備しておく。そして、半導体レーザ1から対物レンズ6までの光学系のうち、収差補正光学素子4 aを除く光学系において生じ
25 るコマ収差の量及び符号を干渉計等により測定する。そして、測定したコマ収差の量及び符号に応じて、4種類の収差補正光学素子4 a₁乃至4 a₄

の中から、補正後の残留RMS波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて1種類の収差補正光学素子4aを選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS波面収差が 0.01λ 以下の場合には、収差補正光学素子4aを用いたコマ収差の補正を行わない。RMS波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合には、コマ収差の符号に応じて、図2(b)に示す収差補正光学素子4a₁又は図2(d)に示す収差補正光学素子4a₃を用いてコマ収差の補正を行う。これにより、補正後の残留RMS波面収差を約 0.01λ 以下に低減することができる。RMS波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場合には、コマ収差の符号に応じて、図2(c)に示す収差補正光学素子4a₂又は図2(e)に示す収差補正光学素子4a₄を用いてコマ収差の補正を行う。これにより、補正後の残留RMS波面収差を約 0.01λ 以下に低減することができる。なお、本実施形態においては、収差補正光学素子4aの種類を4種類としたが、コマ収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光学素子4aの種類が多いほど、補正後の残留RMS波面収差を小さくすることができる。

なお、図2及び図6においては、光学系で生じるコマ収差の方向がX方向である場合について説明したが、光学系で生じるコマ収差の方向がX方向とは異なる場合についても、その方向と、収差補正光学素子4aで補正できるコマ収差の方向が略一致するように、収差補正光学素子4aを入射光の光軸に垂直な面内で回転させて設置すれば、コマ収差の補正を行うことができる。

図7(a)乃至(h)は、横軸に収差補正光学素子4bの中心を通るX方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は収差補正光学素子4bの波面収差を示すグラフ図であり、図7(a)乃至(d)に示す実線は光学系において生じる球面収差を示しており、破線は収差補正光学素子4bにより生じる波面収差を示しており、図7(e)乃至(h)

に示す実線は収差補正光学素子 4 b を用いて光学系で生じる球面収差を補正した場合の波面収差を示している。

図 7 (a) においては、光学系で生じる球面収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負、正と変化しており、RMS 波面収差は 0.

5 0 2 λ である。この球面収差を補正するため、図 3 (b) に示す収差補正光学素子 4 b₁ を使用する。収差補正光学素子 4 b₁ で生じる球面収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって負、正、負、正、負と変化している。図 3 (b) における高さ h は、収差補正光学素子 4 b₁ を使用して図 7 (a) に示す球面収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるよう
10 に設計されている。図 7 (e) はこのときの残留波面収差、即ち図 7 (a) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0 λ に近づいていることがわかる。

図 7 (b) においては、光学系で生じる球面収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負、正と変化しており、RMS 波面収差は 0.

15 0 4 λ である。この球面収差を補正するため、図 3 (c) に示す収差補正光学素子 4 b₂ を使用する。収差補正光学素子 4 b₂ で生じる球面収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって負、正、負、正、負と変化している。図 3 (c) における高さ 2 h は、収差補正光学素子 4 b₂ を使用して図 7 (b) に示す球面収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるよう
20 に設計されている。図 7 (f) はこのときの残留波面収差、即ち図 7 (b) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0 λ に近づいていることがわかる。

図 7 (c) においては、光学系で生じる球面収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって負、正、負、正、負と変化しており、RMS 波面収差は 0.

25 0 2 λ である。この球面収差を補正するため、図 3 (d) に示す収差補正光学素子 4 b₃ を使用する。収差補正光学素子 4 b₃ で生じる球面収差は、

X軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負、正と変化している。

図3(d)における高さ h は、収差補正光学素子4b₃を使用して図7(c)に示す球面収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図7(g)はこのときの残留波面収差、即ち図7(c)の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0λに近づいていることがわかる。

図7(d)においては、光学系で生じる球面収差がX軸の負の側から正の側へ向かって負、正、負、正、負と変化しており、RMS波面収差は0.04λである。この球面収差を補正するため、図3(e)に示す収差補正光学素子4b₄を使用する。収差補正光学素子4b₄で生じる球面収差は、X軸の負の側から正の側へ向かって正、負、正、負、正と変化している。図3(e)における高さ2hは、収差補正光学素子4b₄を使用して図7(d)に示す球面収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図7(h)はこのときの残留波面収差、即ち図7(d)の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0λに近づいていることがわかる。

一方、収差補正光学素子4bの中心を通るY方向の断面における波面収差は、中心を通るX方向の断面における波面収差と同じである。

光学系で生じる球面収差がRMS波面収差として最大0.05λであるとする。このとき、図3(b)乃至(e)に示す4種類の収差補正光学素子4bを準備しておく。そして、収差補正光学素子4bを除く、半導体レーザー1から対物レンズ6までの光学系で生じる球面収差の量及び符号を干渉計等により測定する。次に、測定した球面収差の量及び符号に応じて、4種類の収差補正光学素子4bの中から、補正後の残留RMS波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて1種類の収差補正光学素子4bを選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS波面収差が0.01λ以

下である場合は、収差補正光学素子 4 b による球面収差の補正を行わない。
RMS 波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下である場合は、球
面収差の符号に応じて、図 3 (b) に示す収差補正光学素子 $4b_1$ 又は図
3 (d) に示す収差補正光学素子 $4b_3$ を使用して球面収差の補正を行う。

- 5 これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を約 0.01λ 以下に低減する
ことができる。RMS 波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の
場合は、球面収差の符号に応じて、図 3 (c) に示す収差補正光学素子 $4b_2$ 又は図 3 (e) に示す収差補正光学素子 $4b_4$ を使用して球面収差の補
正を行う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を約 0.01λ 以下
10 に低減することができる。本実施形態においては、収差補正光学素子 4 b
の種類を 4 種類としたが、球面収差の補正量及び／又は符号が異なる収差
補正光学素子 4 b の種類が多いほど、補正後の残留 RMS 波面収差を小さ
くすることができる。

- 図 8 (a) 乃至 (h) は、横軸に収差補正光学素子 4 c の中心を通る X
15 方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は収差
補正光学素子 4 c の波面収差を示すグラフ図であり、図 8 (a) 乃至 (d)
に示す実線は光学系において生じる非点収差を示しており、破線は収差補
正光学素子 4 c により生じる波面収差を示しており、図 8 (e) 乃至 (h)
に示す実線は収差補正光学素子 4 c を用いて光学系で生じる非点収差を補
20 正した場合の波面収差を示している。

- 図 8 (a) においては、光学系で生じる非点収差が X 軸の負の側から正
の側へ向かって負、0、正と変化しており、RMS 波面収差は 0.02λ
である。この非点収差を補正するため、図 4 (b) に示す収差補正光学素
子 $4c_1$ を使用する。収差補正光学素子 $4c_1$ で生じる非点収差は、X 軸の
25 負の側から正の側へ向かって正、0、正と変化している。図 4 (b) にお
ける高さ h は、収差補正光学素子 $4c_1$ を使用して図 8 (a) に示す非点

収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図8(e)はこのときの残留波面収差、即ち図8(a)の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0λに近づいていることがわかる。

- 5 図8(b)においては、光学系で生じる非点収差がX軸の負の側から正の側へ向かって負、0、負と変化しており、RMS波面収差は0.04λである。この非点収差を補正するため、図4(c)に示す収差補正光学素子4c₂を使用する。収差補正光学素子4c₂で生じる非点収差は、X軸の負の側から正の側へ向かって正、0、正と変化している。図4(c)における高さ2hは、収差補正光学素子4c₂を使用して図8(b)に示す非点収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図8(f)はこのときの残留波面収差、即ち図8(b)の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0λに近づいていることがわかる。
- 15 図8(c)においては、光学系で生じる非点収差がX軸の負の側から正の側へ向かって正、0、正と変化しており、RMS波面収差は0.02λである。この非点収差を補正するため、図4(d)に示す収差補正光学素子4c₃を使用する。収差補正光学素子4c₃で生じる非点収差は、X軸の負の側から正の側へ向かって負、0、負と変化している。図4(d)における高さhは、収差補正光学素子4c₃を使用して図8(c)に示す非点収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図8(g)はこのときの残留波面収差、即ち図8(c)の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が0λに近づいていることがわかる。
- 25 図8(d)においては、光学系で生じる非点収差がX軸の負の側から正の側へ向かって正、0、正と変化しており、RMS波面収差は0.04λ

である。この非点収差を補正するため、図 4 (e) に示す収差補正光学素子 $4c_4$ を使用する。収差補正光学素子 $4c_4$ で生じる非点収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって負、0、負と変化している。図 4 (e) における高さ $2h$ は、収差補正光学素子 $4c_4$ を使用して図 8 (d) に示す非点収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるように設計されている。図 8 (h) はこのときの残留波面収差、即ち図 8 (d) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。

一方、収差補正光学素子 $4c$ の中心を通る Y 方向の断面における波面収差は、中心を通る X 方向の断面における波面収差と符号が逆である。

光学系で生じる非点収差が RMS 波面収差として最大 0.05λ であるとする。このとき、図 4 (b) ~ (e) に示す 4 種類の収差補正光学素子 $4c$ を準備しておく。そして、収差補正光学素子 $4c$ を除く、半導体レーザー 1 から対物レンズ 6 までの光学系で生じる非点収差の量及び符号を干渉計等により測定する。測定した非点収差の量及び符号に応じて、4 種類の収差補正光学素子 $4c_1$ 乃至 $4c_4$ の中から、補正後の残留 RMS 波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて 1 種類の収差補正光学素子 $4c$ を選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS 波面収差が 0.01λ 以下の場合には、収差補正光学素子 $4c$ を用いた非点収差の補正を行わない。

RMS 波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合には、非点収差の符号に応じて、図 4 (b) に示す収差補正光学素子 $4c_1$ 又は図 4 (d) に示す収差補正光学素子 $4c_3$ を使用して非点収差の補正を行う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を約 0.01λ 以下に低減することができる。RMS 波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場合には、非点収差の符号に応じて、図 4 (c) に示す収差補正光学素子 $4c_2$ 又は図 4 (e) に示す収差補正光学素子 $4c_4$ を使用して非点収差の補正を行

う。これにより、補正後の残留RMS波面収差を約 0.01λ 以下に低減することができる。本実施形態においては、収差補正光学素子4cの種類を4種類としたが、非点収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光学素子4cの種類が多いほど、補正後の残留RMS波面収差を小さくすることができる。

なお、図4及び図8では、光学系で生じる非点収差の方向がX-Y方向である場合について説明したが、光学系で生じる非点収差の方向がX-Y方向とは異なる場合についても、その方向と、収差補正光学素子4cで補正できる非点収差の方向が略一致するように、収差補正光学素子4cを入射光の光軸に垂直な面内で回転させて設置すれば、非点収差の補正を行うことができる。

図9(a)乃至(h)は、横軸に収差補正光学素子4dの中心を通るX方向の断面における位置をとり、縦軸に収差量をとって、光学系又は収差補正光学素子4dの波面収差を示すグラフ図であり、図9(a)乃至(d)に示す実線は光学系において生じる矢型収差を示しており、破線は収差補正光学素子4dにより生じる波面収差を示しており、図9(e)乃至(h)に示す実線は収差補正光学素子4dを用いて光学系で生じる矢型収差を補正した場合の波面収差を示している。

図9(a)においては、光学系で生じる矢型収差がX軸の負の側から正の側へ向かって正、0、負と変化しており、RMS波面収差は 0.02λ である。この矢型収差を補正するため、図5(b)に示す収差補正光学素子4d₁を使用する。収差補正光学素子4d₁で生じる矢型収差は、X軸の負の側から正の側へ向かって負、0、正と変化している。図5(b)における高さhは、収差補正光学素子4d₁を使用して図9(a)に示す矢型収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図9(e)はこのときの残留波面収差、即ち図9(a)の実線と

破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。

図 9 (b) においては、光学系で生じる矢型収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって正、0、負と変化しており、RMS 波面収差は 0.04λ である。この矢型収差を補正するため、図 5 (c) に示す収差補正光学素子 $4d_2$ を使用する。収差補正光学素子 $4d_2$ で生じる矢型収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって負、0、正と変化している。図 5 (c) における高さ $2h$ は、収差補正光学素子 $4d_2$ を使用して図 9 (b) に示す矢型収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるように設計されている。図 9 (f) はこのときの残留波面収差、即ち図 9 (b) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。

図 9 (c) においては、光学系で生じる矢型収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって負、0、正と変化しており、RMS 波面収差は 0.02λ である。この矢型収差を補正するため、図 5 (d) に示す収差補正光学素子 $4d_3$ を使用する。収差補正光学素子 $4d_3$ で生じる矢型収差は、X 軸の負の側から正の側へ向かって正、0、負と変化している。図 5 (d) における高さ h は、収差補正光学素子 $4d_3$ を使用して図 9 (c) に示す矢型収差を補正したときに、残留 RMS 波面収差が最小になるように設計されている。図 9 (g) はこのときの残留波面収差、即ち図 9 (c) の実線と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。

図 9 (d) においては、光学系で生じる矢型収差が X 軸の負の側から正の側へ向かって負、0、正と変化しており、RMS 波面収差は 0.04λ である。この矢型収差を補正するため、図 5 (e) に示す収差補正光学素子 $4d_4$ を使用する。収差補正光学素子 $4d_4$ で生じる矢型収差は、X 軸の

負の側から正の側へ向かって正、0、負と変化している。図5（e）における高さ $2h$ は、収差補正光学素子 $4d_4$ を使用して図9（d）に示す矢型収差を補正したときに、残留RMS波面収差が最小になるように設計されている。図9（h）はこのときの残留波面収差、即ち図9（d）の実線
5 と破線の和を示しており、残留波面収差の絶対値が 0λ に近づいていることがわかる。

一方、収差補正光学素子 $4d$ の中心を通り、 $+X$ 方向から $-Y$ 方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における波面収差は、中心を通る X 方向に平行な断面における波面収差と同じである。また、収差補正光学素子 $4d$ の
10 中心を通り、 $+X$ 方向から $+Y$ 方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における波面収差は、中心を通る X 方向に平行な断面における波面収差と同じである。

光学系で生じる矢型収差がRMS波面収差として最大 0.05λ であるとする。このとき、図5（b）～（e）に示す4種類の収差補正光学素子
15 $4d$ を準備しておく。そして、収差補正光学素子 $4d$ を除く、半導体レーザー1から対物レンズ6までの光学系で生じる矢型収差の量及び符号を干渉計等により測定する。測定した矢型収差の量及び符号に応じて、4種類の収差補正光学素子 $4d_1$ 乃至 $4d_4$ の中から、補正後の残留RMS波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて1種類の収差補正光学素子 $4d$ を
20 選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS波面収差が 0.01λ 以下の場合には、収差補正光学素子 $4d$ を用いた矢型収差の補正を行わない。RMS波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合には、矢型収差の符号に応じて、図5（b）に示す収差補正光学素子 $4d_1$ 又は図5（d）に示す収差補正光学素子 $4d_3$ を使用して矢型収差の補正を行う。これに
25 より、補正後の残留RMS波面収差を約 0.01λ 以下に低減することができる。RMS波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場合には、

矢型収差の符号に応じて、図 5 (c) に示す収差補正光学素子 4 d₂又は
図 5 (e) に示す収差補正光学素子 4 d₄を使用して矢型収差の補正を行
う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を約 0.01λ 以下に低減
することができる。本実施形態においては、収差補正光学素子 4 d の種類
5 を 4 種類としたが、矢型収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光
学素子 4 d の種類が多いほど、補正後の残留 RMS 波面収差を小さくする
ことができる。

なお、図 5 及び図 9 では、光学系で生じる矢型収差の方向が X 方向、+
X 方向から -Y 方向へ 60° 傾いた方向、+X 方向から +Y 方向へ 60°
10 傾いた方向である場合について説明したが、光学系で生じる矢型収差の方
向が X 方向、+X 方向から -Y 方向へ 60° 傾いた方向、+X 方向から +
Y 方向へ 60° 傾いた方向とは異なる場合についても、その方向と、収差
補正光学素子 4 d で補正できる矢型収差の方向が略一致するように、収差
補正光学素子 4 d を入射光の光軸に垂直な面内で回転させて設置すれば、
15 矢型収差の補正を行うことができる。

このように、本実施形態においては、収差補正光学素子 4 を複数種類用
意しておいて、光ヘッド装置 21 における収差補正光学素子 4 を除く光学
系の収差を測定し、この収差の種類、符号、補正量に応じていずれかの収
差補正光学素子 4 を選択して光ヘッド装置 21 に組み込むことにより、光
20 ヘッド装置 21 の光学系の収差を簡単に低減することができる。

また、本実施形態においては、収差補正光学素子 4 a、4 b、4 c、4
d のうちいずれか一つの収差補正光学素子を使用して、光学系において生
じるコマ収差、球面収差、非点収差、矢型収差のうちいずれか一つの収差
を補正する場合について説明したが、いずれか二つ以上の収差補正光学素
25 子を使用して、いずれか二つ以上の収差を補正することも可能である。例
えば、光ヘッド装置 21 の半導体レーザ 1 から対物レンズ 6 までの光の経

路において発生する収差が、コマ収差、球面収差、非点収差、矢型収差のうち2種類の収差を含んでいる場合は、各収差を補正する2枚の収差補正光学素子を組み込んでもよい。又は、前記光の経路において発生する収差が、コマ収差、球面収差、非点収差、矢型収差のうち3種類の収差を含ん

5 でいる場合は、各収差を補正する3枚の収差補正光学素子を組み込んでもよい。又は、前記光の経路において発生する収差が、コマ収差、球面収差、非点収差、矢型収差の全てを含んでいる場合は、各収差を補正する4枚の収差補正光学素子を組み込んでもよい。

更に、図2乃至図5に示す収差補正光学素子4a、4b、4c、4dに

10 おける階段状のパタンのレベル数は3であるが、これは2以上であればいくつでも構わない。レベル数が多いほど、残留RMS波面収差を小さくすることができる。

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。図10(a)乃至(e)は本実施形態における収差補正光学素子4eを示す図であり、図11(a)

15 乃至(e)は本実施形態における収差補正光学素子4fを示す図であり、図12(a)乃至(e)は本実施形態における収差補正光学素子4gを示す図であり、図13(a)乃至(e)は本実施形態における収差補正光学素子4hを示す図である。各図の(a)は平面図であり、(b)乃至(e)は断面図である。本実施形態は、前述の第1の実施形態と比較して、収差

20 補正光学素子4として図10乃至図13に示す収差補正光学素子4e乃至4hから選択された収差補正光学素子を使用する点が異なっている。本実施形態における上記以外の構成及び動作は、前述の第1の実施形態と同様である。

以下、本実施形態における収差補正光学素子4について説明する。光学

25 系で生じるコマ収差を補正する場合、収差補正光学素子4として、図10に示す収差補正光学素子4eを用いることもできる。図10(a)は収差

補正光学素子 4 e を示す平面図である。収差補正光学素子 4 e は、単一の領域から構成されており、図 2 (a) 乃至 (e) に示す収差補正光学素子 4 a の表面における段差をなくし、表面全体を単一の曲面で形成したものである。なお、図中の二点鎖線で描かれた円は対物レンズ 6 の有効領域に相当する。図 10 (b) 乃至 (e) は、コマ収差の補正量及び／又は符号が異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 e を示す図 10 (a) に示す E - E' 線による断面図である。図 10 (b) 乃至 (e) に示すように、中心を通る X 方向に平行な断面における素子の輪郭は曲線状である。このような断面を有する収差補正光学素子 4 e は、ガラス又はプラスチックの成形により作製することができる。

図 10 (b) に示す収差補正光学素子 4 e₁ においては、中心から X 軸の負の側へ向かって高さが一旦高くなったのち低くなり、中心から X 軸の正の側へ向かって高さが一旦低くなったのち高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて H だけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて H だけ低い。図 10 (c) に示す収差補正光学素子 4 e₂ においては、中心から X 軸の負の側へ向かって高さが一旦高くなったのち低くなり、中心から X 軸の正の側へ向かって高さが一旦低くなったのち高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて 2 H だけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて 2 H だけ低い。図 10 (d) に示す収差補正光学素子 4 e₃ においては、中心から X 軸の負の側へ向かって高さが一旦低くなったのち高くなり、中心から X 軸の正の側へ向かって高さが一旦高くなったのち低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて H だけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて H だけ低い。図 10 (e) に示す収差補正光学素子 4 e₄ においては、中心から X 軸の負の側へ向かって高さが一旦低くなったのち高くなり、中心から X 軸の正の側へ向かって高さが一旦高くなったのち低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて 2 H だけ高く、最低点の高さは中心の高

さに比べて $2H$ だけ低い。一方、収差補正光学素子 $4e$ の中心を通る Y 方向の断面は平坦である。

収差補正光学素子 $4e$ を用いて光学系で生じるコマ収差を補正する場合における収差補正光学素子 $4e$ の中心を通る X 方向の断面における波面収差は、図 6 に示すものと同じである。図 6 (a) に示すコマ収差を補正する場合、図 10 (b) に示す収差補正光学素子 $4e_1$ を用いる。図 10 (b) における高さ H は、収差補正光学素子 $4e_1$ を用いて図 6 (a) に示すコマ収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 6 (b) に示すコマ収差を補正する場合、図 10 (c) に示す収差補正光学素子 $4e_2$ を用いる。図 10 (c) における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4e_2$ を用いて図 6 (b) に示すコマ収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 6 (c) に示すコマ収差を補正する場合、図 10 (d) に示す収差補正光学素子 $4e_3$ を用いる。図 10 (d) における高さ H は、収差補正光学素子 $4e_3$ を用いて図 6 (c) に示すコマ収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 6 (d) に示すコマ収差を補正する場合、図 10 (e) に示す収差補正光学素子 $4e_4$ を用いる。図 10 (e) における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4e_4$ を用いて図 6 (d) に示すコマ収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。

一方、収差補正光学素子 $4e$ の中心を通る Y 方向の断面における波面収差は 0λ である。

光学系で生じるコマ収差が RMS 波面収差として最大 0.05λ であるとする。このとき、図 10 (b) 乃至 (e) に示す 4 種類の収差補正光学素子 $4e$ を準備しておく。そして、収差補正光学素子 $4e$ を除く、半導体

レーザ 1 から対物レンズ 6 までの光学系で生じるコマ収差の量及び符号を干渉計等により測定する。その後、測定したコマ収差の量及び符号に応じて、4 種類の収差補正光学素子 4 e の中から、補正後の残留 RMS 波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて 1 種類の収差補正光学素子 4 e
5 を選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS 波面収差が 0.01λ 以下の場合は、収差補正光学素子 4 e を用いたコマ収差の補正を行わない。RMS 波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合は、コマ収差の符号に応じて、図 10 (b) に示す収差補正光学素子 $4e_1$ 又は図 10 (d) に示す収差補正光学素子 $4e_3$ を用いたコマ収差の補正を行
10 う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。RMS 波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場合は、コマ収差の符号に応じて、図 10 (c) に示す収差補正光学素子 $4e_2$ 又は図 10 (e) に示す収差補正光学素子 $4e_4$ を用いたコマ収差の補正を行う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。ここでは、収差補正光学素子 4 e の種類を 4
15 種類としたが、コマ収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光学素子 4 e の種類が多いほど、補正後の残留 RMS 波面収差を小さくすることができる。

なお、図 10 では、光学系で生じるコマ収差の方向が X 方向である場合
20 について説明したが、光学系で生じるコマ収差の方向が X 方向とは異なる場合についても、その方向と、収差補正光学素子 4 e で補正できるコマ収差の方向が略一致するように、収差補正光学素子 4 e を入射光の光軸に垂直な面内で回転させて設置すれば、コマ収差の補正を行うことができる。

光学系で生じる球面収差を補正する場合、収差補正光学素子 4 として、
25 図 11 に示す収差補正光学素子 4 f を用いることもできる。図 11 (a) は収差補正光学素子 4 f の平面図である。収差補正光学素子 4 f は、単一

の領域から構成されており、図 3 (a) 乃至 (e) に示す収差補正光学素子 4 b の表面における段差をなくし、全体を単一の曲面で形成したものである。なお、図中の二点鎖線で描かれた円は対物レンズ 6 の有効領域に相当する。図 1 1 (b) 乃至 (e) は、球面収差の補正量及び／又は符号が異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 f を示す図 1 1 (a) に示す $F - F'$ 線による断面図である。図 1 1 (b) 乃至 (e) に示すように、中心を通る X 方向に平行な断面における素子の輪郭は曲線状である。このような断面を有する収差補正光学素子 4 f は、ガラス又はプラスチックの成形により作製することができる。

- 10 図 1 1 (b) に示す収差補正光学素子 4 f₁ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが一旦高くなったのち低くなる。最高点の高さは最低点の高さに比べて 2 H だけ高い。図 1 1 (c) に示す収差補正光学素子 4 f₂ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが一旦高くなったのち低くなる。最高点の高さは最低点の高さに比べて 4 H だけ高い。図 1 1 (d) に示す収差補正光学素子 4 f₃ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが一旦低くなったのち高くなる。最高点の高さは最低点の高さに比べて 2 H だけ高い。図 1 1 (e) に示す収差補正光学素子 4 f₄ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが一旦低くなったのち高くなる。最高点の高さは最低点の高さに比べて 4 H だけ高い。一方、収差補正光学素子 4 f の中心を通る Y 方向の断面は、中心を通る X 方向の断面と同じである。

収差補正光学素子 4 f を用いて光学系で生じる球面収差を補正する場合における収差補正光学素子 4 f の中心を通る X 方向の断面における波面収差は、図 7 に示すものと同じである。即ち、図 7 (a) に示す球面収差を補正する場合、図 1 1 (b) に示す収差補正光学素子 4 f₁ を用いる。図 1 1 (b) における高さ H は、収差補正光学素子 4 f₁ を用いて図 7 (a)

- に示す球面収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるように設計されている。図7(b)に示す球面収差を補正する場合、図11(c)に示す収差補正光学素子 $4f_2$ を用いる。図11(c)における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4f_2$ を用いて図7(b)に示す
- 5 球面収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるように設計されている。図7(c)に示す球面収差を補正する場合、図11(d)に示す収差補正光学素子 $4f_3$ を用いる。図11(d)における高さ H は、収差補正光学素子 $4f_3$ を用いて図7(c)に示す球面収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるよ
- 10 うに設計されている。図7(d)に示す球面収差を補正する場合、図11(e)に示す収差補正光学素子 $4f_4$ を用いる。図11(e)における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4f_4$ を用いて図7(d)に示す球面収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるように設計されている。
- 15 一方、収差補正光学素子 $4f$ の中心を通るY方向の断面における波面収差は、中心を通るX方向の断面における波面収差と同じである。
- 光学系で生じる球面収差がRMS波面収差として最大 0.05λ であるとする。このとき、図11(b)～(e)に示す4種類の収差補正光学素子 $4f$ を準備しておく。そして、収差補正光学素子 $4f$ を除く、半導体レ
- 20 ーザ1から対物レンズ6までの光学系で生じる球面収差の量及び符号を干渉計等により測定する。測定した球面収差の量及び符号に応じて、4種類の収差補正光学素子 $4f$ の中から、補正後の残留RMS波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて1種類の収差補正光学素子 $4f$ を選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS波面収差が 0.01λ 以下の場合
- 25 合は、収差補正光学素子 $4f$ を用いた球面収差の補正を行わない。RMS波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合、球面収差の符

号に応じて、図 1 1 (b) に示す収差補正光学素子 4 f₁ 又は図 1 1 (d) に示す収差補正光学素子 4 f₃ を用いた球面収差の補正を行う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。RMS 波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場合は、球面収差の符号に応じて、図 1 1 (c) に示す収差補正光学素子 4 f₂ 又は図 1 1 (e) に示す収差補正光学素子 4 f₄ を用いた球面収差の補正を行う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。ここでは、収差補正光学素子 4 f の種類を 4 種類としたが、球面収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光学素子 4 f の種類が多いほど、補正後の残留 RMS 波面収差を小さくすることができる。

光学系で生じる非点収差を補正する場合、収差補正光学素子 4 として、図 1 2 に示す収差補正光学素子 4 g を用いることもできる。図 1 2 (a) は収差補正光学素子 4 g の平面図である。収差補正光学素子 4 g は、単一の領域から構成されており、図 4 (a) 乃至 (e) に示す収差補正光学素子 4 c の表面における段差をなくし、全体を単一の曲面で形成したものである。なお、図中の二点鎖線で描かれた円は対物レンズ 6 の有効領域に相当する。図 1 2 (b) 乃至 (e) は、非点収差の補正量及び／又は符号が異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 g における図 1 2 (a) に示す G-G' 線による断面図である。図 1 2 (b) 乃至 (e) に示すように、中心を通る X 方向に平行な断面における素子の輪郭は曲線状である。このような断面を有する収差補正光学素子 4 g は、ガラス又はプラスチックの成形により作製することができる。

図 1 2 (b) に示す収差補正光学素子 4 g₁ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて H だけ高い。図 1 2 (c) に示す収差補正光学素子 4 g₂ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが高くなる。最高点の高

さは中心の高さに比べて $2H$ だけ高い。図 1 2 (d) に示す収差補正光学素子 $4g_3$ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが低くなる。最低点の高さは中心の高さに比べて H だけ低い。図 1 2 (e) に示す収差補正光学素子 $4g_4$ においては、中心から X 軸の正及び負の側へ向かって高さが低くなる。最低点の高さは中心の高さに比べて $2H$ だけ低い。

一方、収差補正光学素子 $4g$ の中心を通る Y 方向に平行な断面における素子の輪郭は、X 方向に平行な断面と同じく曲線状である。図 1 2 (b) に示す収差補正光学素子 $4g_1$ においては、中心から Y 軸の正及び負の側へ向かって高さが低くなる。最低点の高さは中心の高さに比べて H だけ低い。図 1 2 (c) に示す収差補正光学素子 $4g_2$ においては、中心から Y 軸の正及び負の側へ向かって高さが低くなる。最低点の高さは中心の高さに比べて $2H$ だけ低い。図 1 2 (d) に示す収差補正光学素子 $4g_3$ においては、中心から Y 軸の正及び負の側へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて H だけ高い。図 1 2 (e) に示す収差補正光学素子 $4g_4$ においては、中心から Y 軸の正及び負の側へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて $2H$ だけ高い。

収差補正光学素子 $4g$ を用いて光学系で生じる非点収差を補正する場合における収差補正光学素子 $4g$ の中心を通る X 方向の断面における波面収差は、図 8 に示すものと同じである。即ち、図 8 (a) に示す非点収差を補正する場合、図 1 2 (b) に示す収差補正光学素子 $4g_1$ を用いる。図 1 2 (b) における高さ H は、収差補正光学素子 $4g_1$ を用いて図 8 (a) に示す非点収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 8 (b) に示す非点収差を補正する場合、図 1 2 (c) に示す収差補正光学素子 $4g_2$ を用いる。図 1 2 (c) における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4g_2$ を用いて図 8 (b) に示す

非点収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるように設計されている。図8(c)に示す非点収差を補正する場合、図12(d)に示す収差補正光学素子4g₃を用いる。図12(d)における高さHは、収差補正光学素子4g₃を用いて図8(c)に示す非点収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるように設計されている。図8(d)に示す非点収差を補正する場合、図12(e)に示す収差補正光学素子4g₄を用いる。図12(e)における高さ2Hは、収差補正光学素子4g₄を用いて図8(d)に示す非点収差を完全に補正できるように、即ち、残留RMS波面収差が 0λ になるように設計されている。

一方、収差補正光学素子4gの中心を通るY方向の断面における波面収差は、中心を通るX方向の断面における波面収差と符号が逆である。

光学系で生じる非点収差がRMS波面収差として最大 0.05λ であるとする。このとき、図12(b)乃至(e)に示す4種類の収差補正光学素子4gを準備しておく。そして、収差補正光学素子4gを除く、半導体レーザ1から対物レンズ6までの光学系で生じる非点収差の量及び符号を干渉計等により測定する。次に、測定した非点収差の量及び符号に応じて、4種類の収差補正光学素子4gの中から、補正後の残留RMS波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて1種類の収差補正光学素子4gを選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS波面収差が 0.01λ 以下の場合、収差補正光学素子4gを用いた非点収差の補正を行わない。RMS波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合、非点収差の符号に応じて、図12(b)に示す収差補正光学素子4g₁又は図12(d)に示す収差補正光学素子4g₃を用いた非点収差の補正を行う。これにより、補正後の残留RMS波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。RMS波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場

合は、非点収差の符号に応じて、図 1 2 (c) に示す収差補正光学素子 4 g_2 又は図 1 2 (e) に示す収差補正光学素子 4 g_4 を用いた非点収差の補正を行う。これにより、補正後の残留 RMS 波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。ここでは、収差補正光学素子 4 g の種類を 4 種類
5 としたが、非点収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光学素子 4 g の種類が多いほど、補正後の残留 RMS 波面収差を小さくすることができる。

なお、図 1 2 では、光学系で生じる非点収差の方向が X-Y 方向である場合について説明したが、光学系で生じる非点収差の方向が X-Y 方向とは異なる場合についても、その方向と、収差補正光学素子 4 g で補正できる非点収差の方向が略一致するように、収差補正光学素子 4 g を入射光の光軸に垂直な面内で回転させて設置すれば、非点収差の補正を行うことができる。
10

光学系で生じる矢型収差を補正する場合、収差補正光学素子 4 として、
15 図 1 3 に示す収差補正光学素子 4 h を用いることもできる。図 1 3 (a) は収差補正光学素子 4 h の平面図である。収差補正光学素子 4 h は、単一の領域から構成されており、図 5 (a) 乃至 (e) に示す収差補正光学素子 4 d の表面における段差をなくし、全体を単一の曲面で形成したものである。なお、図中の二点鎖線で描かれた円は対物レンズ 6 の有効領域に相当する。図 1 3 (b) 乃至 (e) は、矢型収差の補正量及び／又は符号が異なる 4 種類の収差補正光学素子 4 h における図 1 3 (a) に示す H-H' 線による断面図である。図 1 3 (b) 乃至 (e) に示すように、中心を通る X 方向に平行な断面における素子の輪郭は曲線状である。このような断面を有する収差補正光学素子 4 h は、ガラス又はプラスチックの成形により作製することができる。
20
25

図 1 3 (b) に示す収差補正光学素子 4 h_1 においては、中心から X 軸

の負の側へ向かって高さが低くなり、中心からX軸の正の側へ向かって高
さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べてHだけ高く、最低点の
高さは中心の高さに比べてHだけ低い。図13(c)に示す収差補正光学
素子4h₂においては、中心からX軸の負の側へ向かって高さが低くなり、

5 中心からX軸の正の側へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の
高さに比べて2Hだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて2Hだけ
低い。図13(d)に示す収差補正光学素子4h₃においては、中心から

X軸の負の側へ向かって高さが高くなり、中心からX軸の正の側へ向かつ
て高さが低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べてHだけ高く、最低
10 点の高さは中心の高さに比べてHだけ低い。図13(e)に示す収差補正
光学素子4h₄においては、中心からX軸の負の側へ向かって高さが高く
なり、中心からX軸の正の側へ向かって高さが低くなる。最高点の高さは
中心の高さに比べて2Hだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて2
Hだけ低い。

15 一方、収差補正光学素子4hの中心を通り、+X方向から-Y方向へ6
0°傾いた方向に平行な断面における素子の輪郭は、X方向に平行な断面
と同じく曲線状である。図13(b)に示す収差補正光学素子4h₁にお
いては、中心から、+X方向から-Y方向へ60°傾いた方向へ向かって
高さが低くなり、中心から、-X方向から+Y方向へ60°傾いた方向へ
20 向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べてHだけ高く、
最低点の高さは中心の高さに比べてHだけ低い。図13(c)に示す収差
補正光学素子4h₂においては、中心から、+X方向から-Y方向へ60°
傾いた方向へ向かって高さが低くなり、中心から、-X方向から+Y方向
へ60°傾いた方向へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高
25 さに比べて2Hだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて2Hだけ低
い。図13(d)に示す収差補正光学素子4h₃においては、中心から、

+X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが高くなり、中心から、-X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べてHだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べてHだけ低い。図13(e)に示す収差補正光学素子4h₄においては、中心から、+X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが高くなり、中心から、-X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて2Hだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて2Hだけ低い。

また、収差補正光学素子4hの中心を通り、+X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における素子の輪郭は、X方向に平行な断面と同じく曲線状である。図13(b)に示す収差補正光学素子4h₁においては、中心から、+X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが低くなり、中心から、-X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べてHだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べてHだけ低い。図13(c)に示す収差補正光学素子4h₂においては、中心から、+X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが低くなり、中心から、-X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが高くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて2Hだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて2Hだけ低い。図13(d)に示す収差補正光学素子4h₃においては、中心から、+X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが高くなり、中心から、-X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べてHだけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べてHだけ低い。図13(e)に示す収差補正光学素子4h₄においては、中心から、+X方向から+Y方向へ 60° 傾いた方向へ向かって高さが高くなり、中心から、-X方向から-Y方向へ 60° 傾いた

方向へ向かって高さが低くなる。最高点の高さは中心の高さに比べて $2H$ だけ高く、最低点の高さは中心の高さに比べて $2H$ だけ低い。

収差補正光学素子 $4h$ を用いて光学系で生じる矢型収差を補正する場合における収差補正光学素子 $4h$ の中心を通る X 方向の断面における波面収差は、図 9 に示すものと同じである。即ち、図 9 (a) に示す矢型収差を補正する場合、図 13 (b) に示す収差補正光学素子 $4h_1$ を用いる。図 13 (b) における高さ H は、収差補正光学素子 $4h_1$ を用いて図 9 (a) に示す矢型収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 9 (b) に示す矢型収差を補正する場合、図 13 (c) に示す収差補正光学素子 $4h_2$ を用いる。図 13 (c) における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4h_2$ を用いて図 9 (b) に示す矢型収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 9 (c) に示す矢型収差を補正する場合、図 13 (d) に示す収差補正光学素子 $4h_3$ を用いる。図 13 (d) における高さ H は、収差補正光学素子 $4h_3$ を用いて図 9 (c) に示す矢型収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。図 9 (d) に示す矢型収差を補正する場合、図 13 (e) に示す収差補正光学素子 $4h_4$ を用いる。図 13 (e) における高さ $2H$ は、収差補正光学素子 $4h_4$ を用いて図 9 (d) に示す矢型収差を完全に補正できるように、即ち、残留 RMS 波面収差が 0λ になるように設計されている。

一方、収差補正光学素子 $4h$ の中心を通り、 $+X$ 方向から $-Y$ 方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における波面収差は、中心を通る X 方向に平行な断面における波面収差と同じである。また、収差補正光学素子 $4h$ の中心を通り、 $+X$ 方向から $+Y$ 方向へ 60° 傾いた方向に平行な断面における波面収差は、中心を通る X 方向に平行な断面における波面収差と同じ

である。

光学系で生じる矢型収差がRMS波面収差として最大 0.05λ であるとする。このとき、図13(b)乃至(e)に示す4種類の収差補正光学素子4hを準備しておく。そして、収差補正光学素子4hを除く、半導体
5 レーザ1から対物レンズ6までの光学系で生じる矢型収差の量及び符号を干渉計等により測定する。次に、測定した矢型収差の量及び符号に応じて、4種類の収差補正光学素子4hの中から、補正後の残留RMS波面収差が最も小さくなるように、必要に応じて1種類の収差補正光学素子4hを選択し、光学系中に挿入する。具体的には、RMS波面収差が 0.01λ 以下の場合は、収差補正光学素子4hを用いた矢型収差の補正を行わない。
10 RMS波面収差が 0.01λ より大きく 0.03λ 以下の場合は、矢型収差の符号に応じて、図13(b)に示す収差補正光学素子 $4h_1$ 又は図13(d)に示す収差補正光学素子 $4h_3$ を用いた矢型収差の補正を行う。これにより、補正後の残留RMS波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。RMS波面収差が 0.03λ より大きく 0.05λ 以下の場合は、矢型収差の符号に応じて、図13(c)に示す収差補正光学素子 $4h_2$ 又は図13(e)に示す収差補正光学素子 $4h_4$ を用いた矢型収差の補正を行う。これにより、補正後の残留RMS波面収差を 0.01λ 以下に低減することができる。ここでは、収差補正光学素子4hの種類を4種類
20 としたが、矢型収差の補正量及び／又は符号が異なる収差補正光学素子4hの種類が多いほど、補正後の残留RMS波面収差を小さくすることができる。

なお、図13では、光学系で生じる矢型収差の方向がX方向、+X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向、+X方向から+Y方向へ 60° 傾いた
25 方向である場合について説明したが、光学系で生じる矢型収差の方向がX方向、+X方向から-Y方向へ 60° 傾いた方向、+X方向から+Y方向

へ60°傾いた方向とは異なる場合についても、その方向と、収差補正光学素子4hで補正できる矢型収差の方向が略一致するように、収差補正光学素子4hを入射光の光軸に垂直な面内で回転させて設置すれば、矢型収差の補正を行うことができる。

5 本実施形態においては、収差補正光学素子4e、4f、4g、4hのうちいずれか一つの収差補正光学素子を用い、光学系で生じるコマ収差、球面収差、非点収差、矢型収差のうちいずれか一つの収差を補正する場合について説明したが、いずれか二つ以上の収差補正光学素子を用い、いずれか二つ以上の収差を補正することも可能である。

10 本実施形態においては、前述の第1の実施形態と比較して、収差補正光学素子の表面を曲面により構成し、光学系の収差を完全に補正できるように、収差補正光学素子を設計しているため、より精度良く光学系の収差を補正することができる。但し、収差補正光学素子の設計及び製造は、前述の第1の実施形態と比較してやや困難になる。本実施形態における上記以外
15 の効果は、前述の第1の実施形態と同様である。

 なお、上述の第1及び第2の実施形態においては、ディスク7に対して記録及び再生の双方を行う光学式情報記録再生装置について説明した。しかし、本発明はこれに限定されず、ディスク7に対して再生のみを行う再生専用装置であつてもよい。この場合、半導体レーザ1は、半導体レーザ駆動回路1
20 3により記録信号に基づいて駆動されるのではなく、常に一定の出力で駆動される。

 また、上述の第1及び第2の実施形態に係る光学式情報記録再生装置はDV
VDドライブに限定されず、再生専用装置であつてもよく、DVD-R
(Digital Versatile Disc Recordable: 書込可能DVD)ドライブ、DV
25 D-ROM (Digital Versatile Disc - Read Only Memory: 読出専用DV
D)ドライブ、又はDVD-RW (Digital Versatile Disk ReWritable)

等であってもよく、CD-R (Compact Disc Recordable : 書込可能コンパクトディスク) 又はCD-ROM (Compact Disc Read Only Memory : 読出専用コンパクトディスク) 等であってもよい。

5 産業上の利用可能性

本発明は、DVD、DVD-R、DVD-ROM、DVD-RW、CD-R、CD-ROM等の光記録媒体に対して記録及び／又は再生を行うための光ヘッド装置、その製造方法及び光学式情報記録再生装置に関する。

請 求 の 範 囲

1. 光源と、この光源から出射した光を光記録媒体に集光する対物レンズと、前記光記録媒体により反射された光を検出する光検出器と、前記光源
5 から前記対物レンズまでの前記光の経路に介在しこの経路において発生する前記光の収差を補正する 1 又は複数枚の収差補正光学素子と、を有し、前記 1 又は複数枚の収差補正光学素子は、複数種類の収差補正光学素子の中から前記収差に応じて選択されたものであることを特徴とする光ヘッド装置。
- 10 2. 前記複数種類の収差補正光学素子は、補正する収差の種類、符号又は補正量が相互に異なるものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光ヘッド装置。
3. 前記収差がコマ収差、球面収差、非点収差及び矢型収差のうちいずれか 1 種類の収差であり、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は 1 枚
15 であり、この 1 枚の収差補正光学素子は前記 1 種類の収差を補正するものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ヘッド装置。
4. 前記収差がコマ収差、球面収差、非点収差及び矢型収差のうち 2 種類の収差を含むものであり、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は 2 枚であり、この 2 枚の収差補正光学素子のうち一方は前記 2 種類の収差の
20 うち一方を補正するものであり、前記 2 枚の収差補正光学素子のうち他方は前記 2 種類の収差のうち他方を補正するものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ヘッド装置。
5. 前記収差がコマ収差、球面収差、非点収差及び矢型収差のうち 3 種類の収差を含むものであり、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は 3
25 枚であり、この 3 枚の収差補正光学素子のうち、一の収差補正光学素子は前記 3 種類の収差のうち一の収差を補正するものであり、他の収差補正光

学素子は前記 3 種類の収差のうち他の収差を補正するものであり、更に他の収差補正光学素子は前記 3 種類の収差のうち更に他の収差を補正するものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ヘッド装置。

6. 前記収差がコマ収差、球面収差、非点収差及び矢型収差を含むものであり、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は 4 枚であり、この 4 枚の収差補正光学素子のうち、第 1 の収差補正光学素子は前記コマ収差を補正するものであり、第 2 の収差補正光学素子は前記球面収差を補正するものであり、第 3 の収差補正光学素子は前記非点収差を補正するものであり、第 4 の収差補正光学素子は前記矢型収差を補正するものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ヘッド装置。

7. 前記収差補正光学素子における前記光が入射又は出射する表面のうち少なくとも一方の表面が、2 レベル以上のステップを有する階段状であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド装置。

8. 前記収差補正光学素子における前記光が入射又は出射する表面のうち少なくとも一方の表面が、曲面により形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド装置。

9. 前記収差がコマ収差を含み、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は、この収差補正光学素子により補正される収差の方向が前記コマ収差の方向と実質的に一致するように設置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド装置。

10. 前記収差が非点収差を含み、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は、この収差補正光学素子により補正される収差の方向が前記非点収差の方向と実質的に一致するように設置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド装置。

11. 前記収差が矢型収差を含み、前記光の経路に介在する収差補正光学素子は、この収差補正光学素子により補正される収差の方向が前記矢型収

差の方向と実質的に一致するように設置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド装置。

1 2. 光源、この光源から出射した光を光記録媒体に集光する対物レンズ、及び前記光記録媒体により反射された光を検出する光検出器を備えた光学系を組み立てる工程と、前記光学系における前記光源から前記対物レンズまでの前記光の経路において発生する収差を測定する工程と、この収差の測定結果に基づいて複数種類の収差補正光学素子の中から前記光の収差を補正する 1 又は複数枚の収差補正光学素子を選択して、前記光の経路に介在するように前記光学系に組み込む工程と、を有することを特徴とする光ヘッド装置の製造方法。

1 3. 前記複数種類の収差補正光学素子は、補正する収差の種類、符号又は補正量が相互に異なるものであることを特徴とする請求項 1 2 に記載の光ヘッド装置の製造方法。

1 4. 前記 1 又は複数枚の収差補正光学素子を光学系に組み込む工程は、前記収差補正光学素子により補正される収差の方向が前記光の経路において発生する収差の方向と一致するように、前記収差補正光学素子を前記光の光軸を回転軸として回転させて前記収差補正光学素子の方向を調整する工程を有することを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の光ヘッド装置の製造方法。

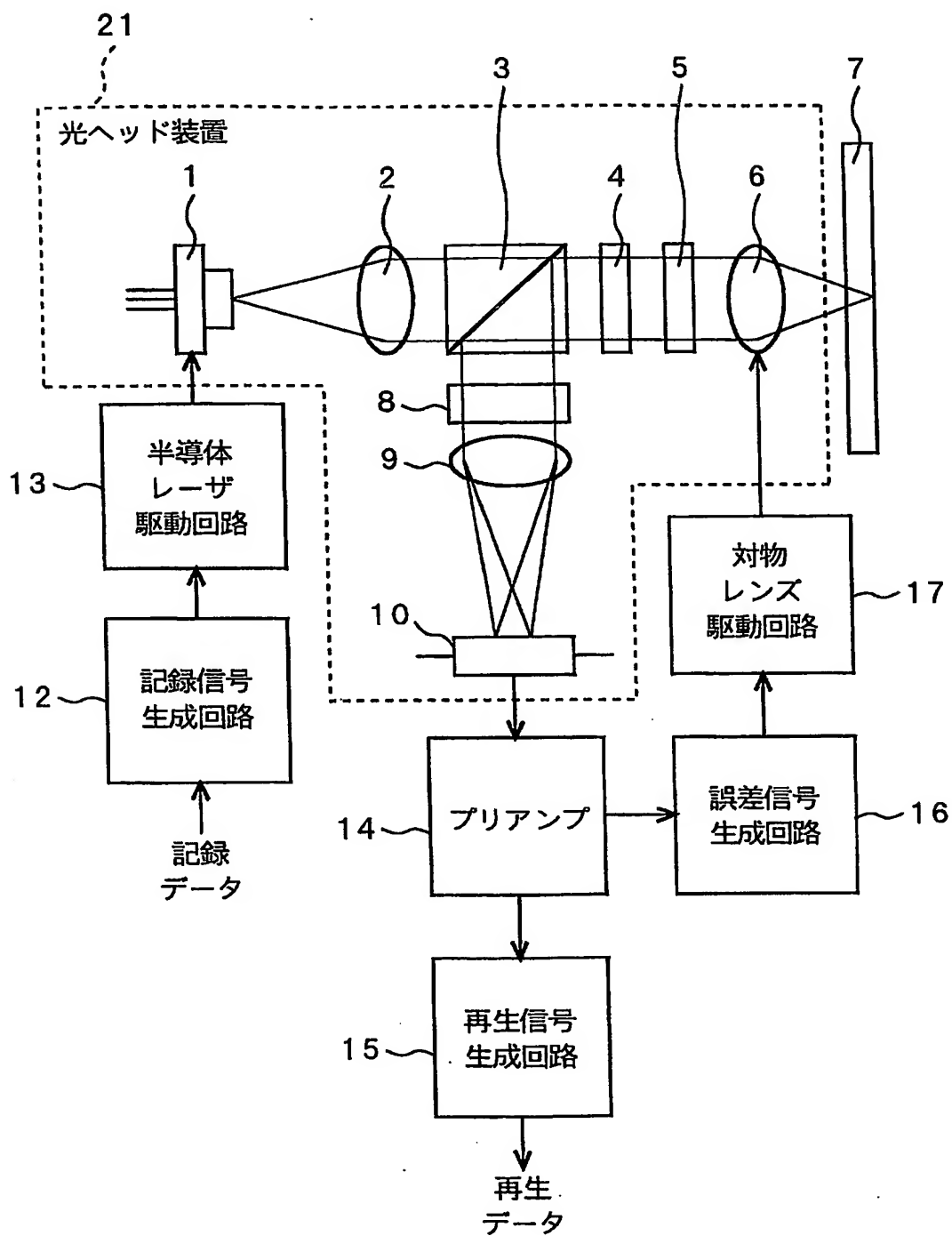
1 5. 請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載された光ヘッド装置と、前記光源を駆動する第一の回路と、前記光検出器の出力信号に基づいて再生信号及び誤差信号を生成する第二の回路と、前記誤差信号に基づいて前記対物レンズの位置を制御する第三の回路と、を有することを特徴とする光学式情報記録再生装置。

1 6. 前記第一の回路が前記光源を記録信号に基づいて駆動するものであることを特徴とする請求項 1 5 に記載の光学式情報記録再生装置。

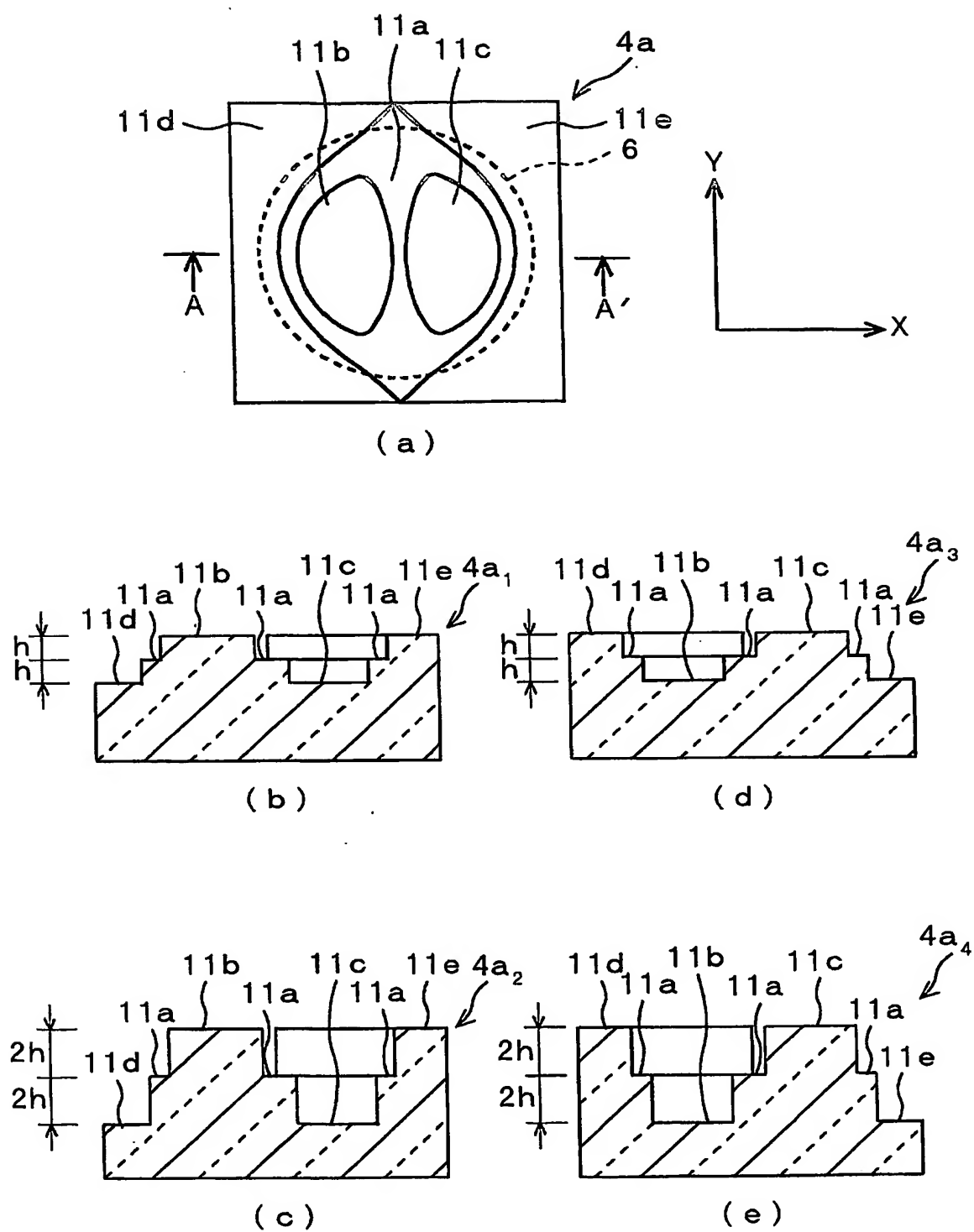
17. 前記第一の回路が前記光源を一定の出力で駆動するものであることを特徴とする請求項15に記載の光学式情報記録再生装置。

1 / 15

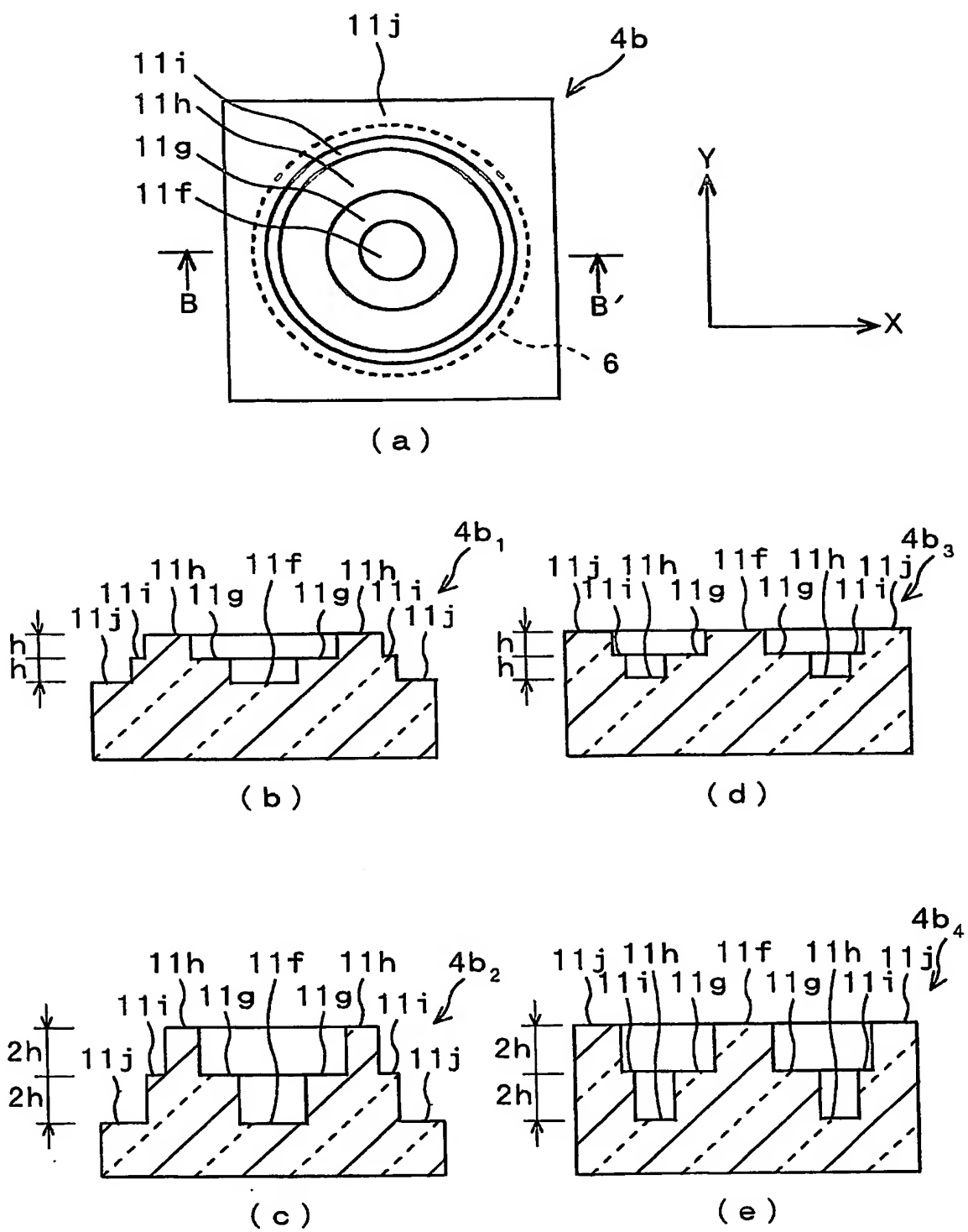
第 1 図



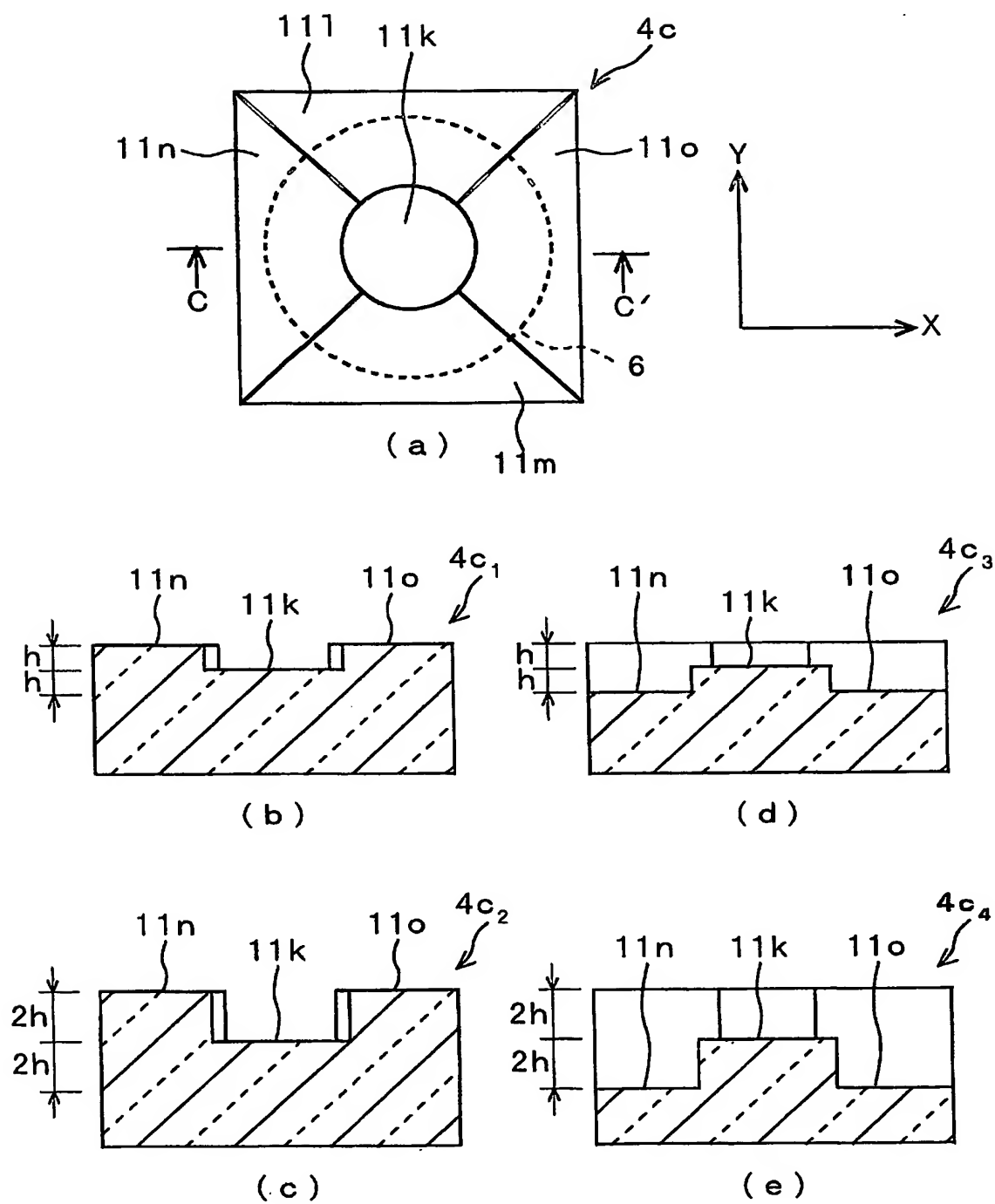
第 2 図



第 3 図

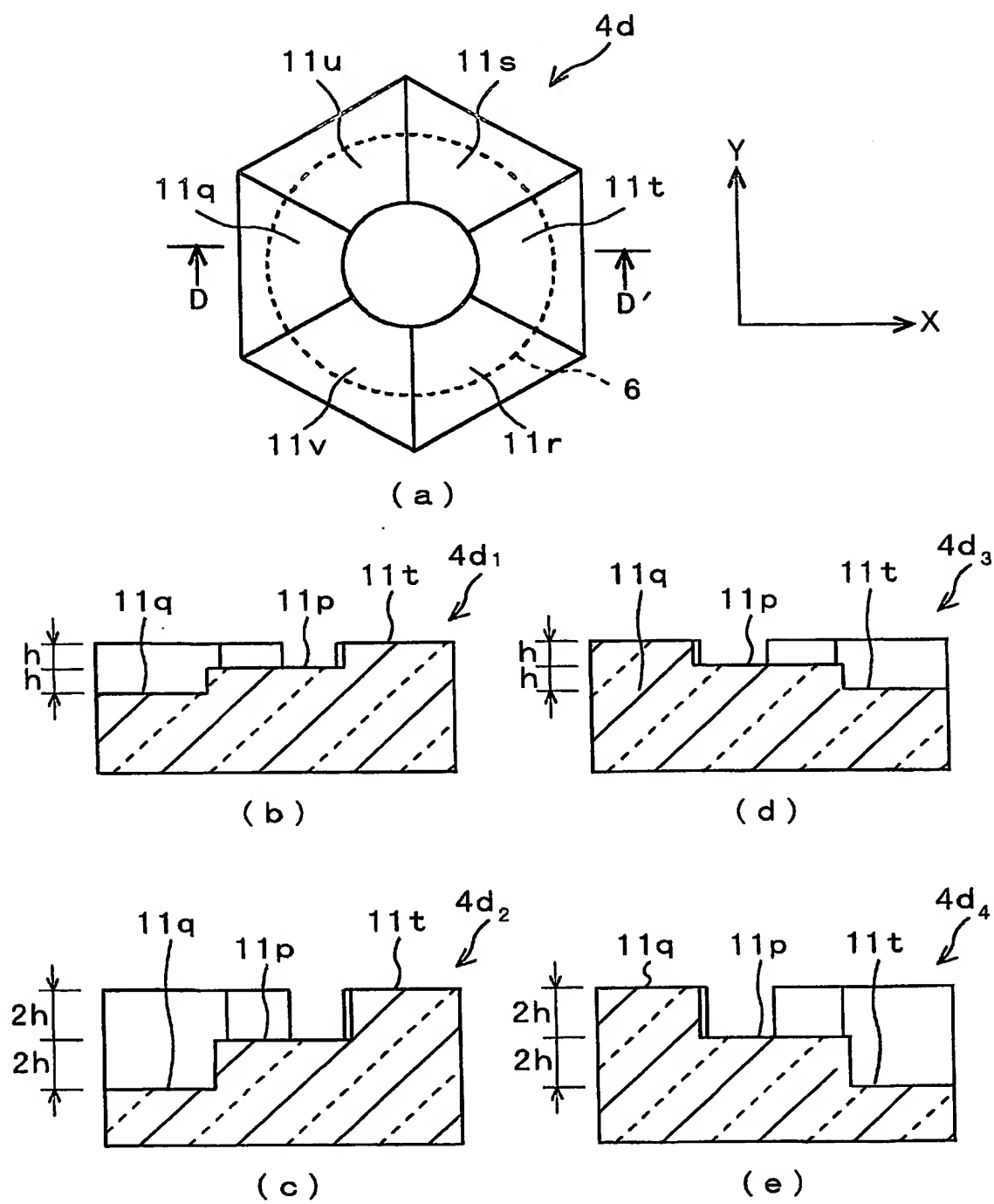


第 4 図



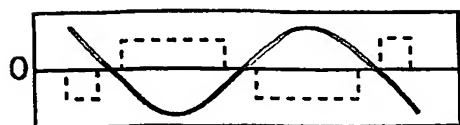
5 / 15

第 5 図



第 6 图

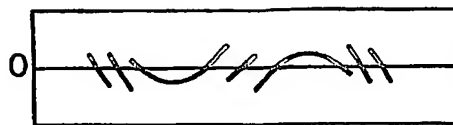
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(a)

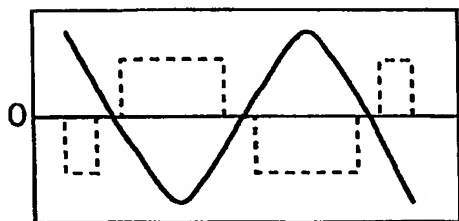
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(e)

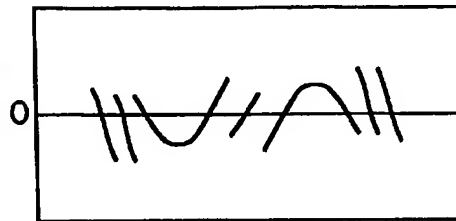
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(b)

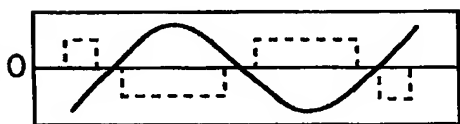
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(f)

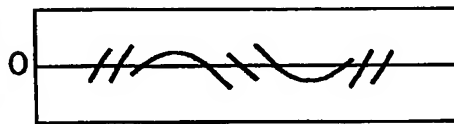
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(c)

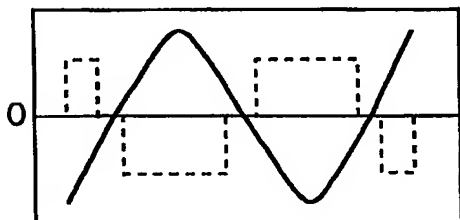
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(g)

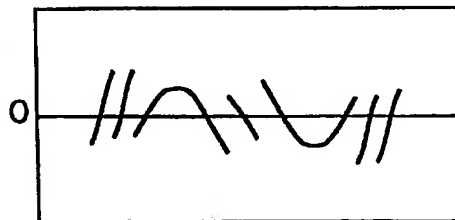
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(d)

収差量
(任意単位)

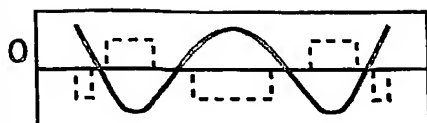


位置 (任意単位)

(h)

第 7 图

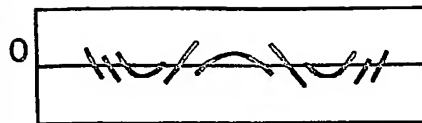
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(a)

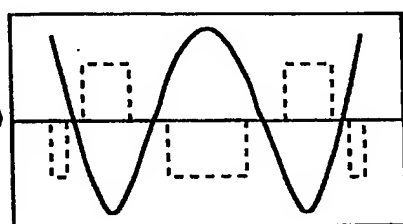
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(e)

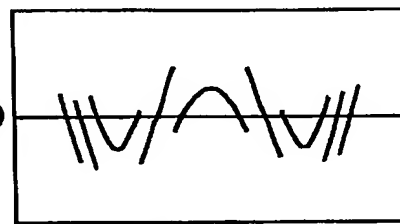
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(b)

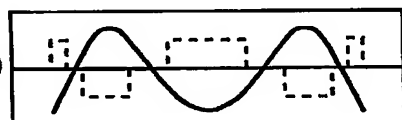
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(f)

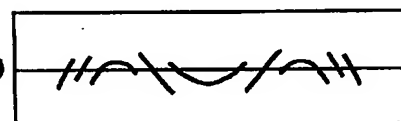
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(c)

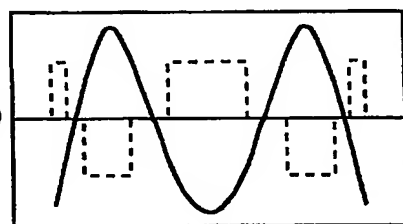
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(g)

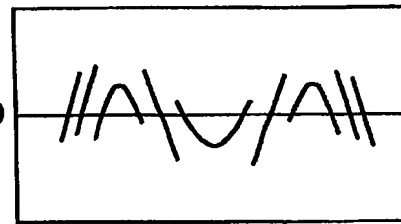
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(d)

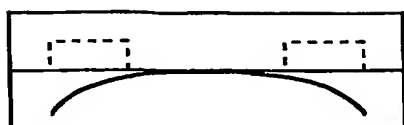
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

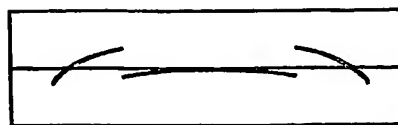
(h)

第 8 图

收差量
(任意単位)

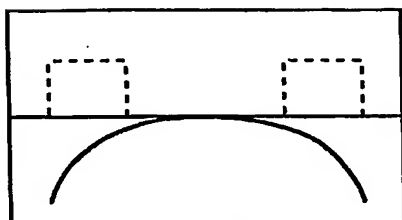
位置 (任意単位)

(a)

收差量
(任意単位)

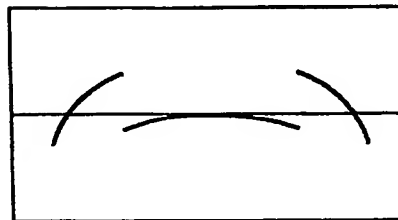
位置 (任意単位)

(e)

收差量
(任意単位)

位置 (任意単位)

(b)

收差量
(任意単位)

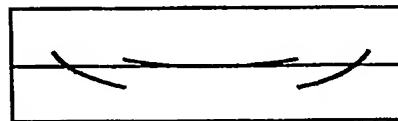
位置 (任意単位)

(f)

收差量
(任意単位)

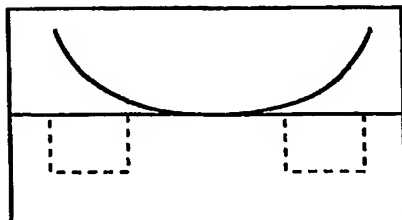
位置 (任意単位)

(c)

收差量
(任意単位)

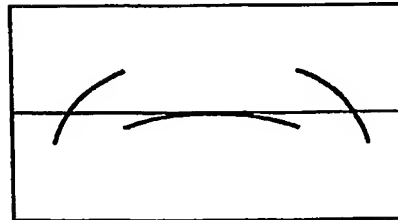
位置 (任意単位)

(g)

收差量
(任意単位)

位置 (任意単位)

(d)

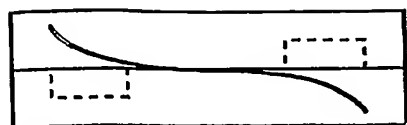
收差量
(任意単位)

位置 (任意単位)

(h)

第 9 图

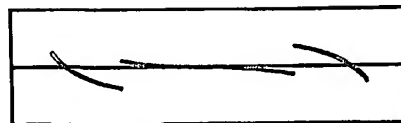
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(a)

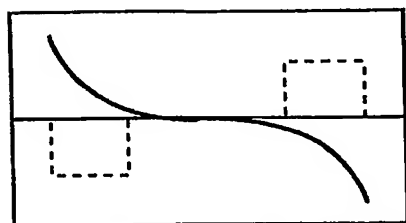
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(e)

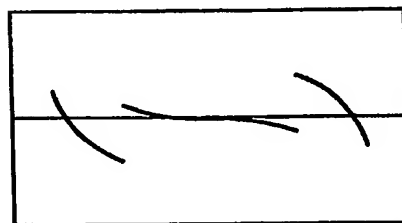
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(b)

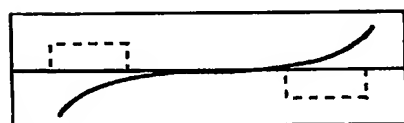
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(f)

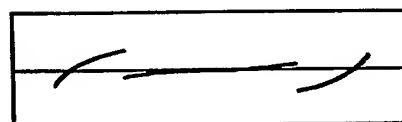
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(c)

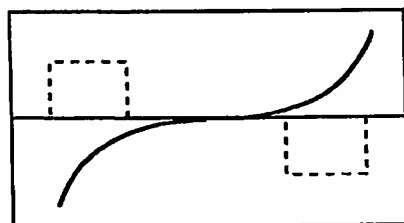
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(g)

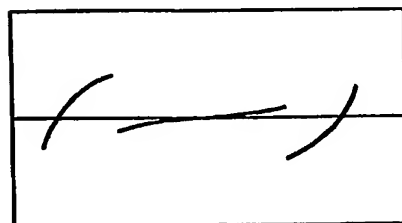
収差量
(任意単位)



位置 (任意単位)

(d)

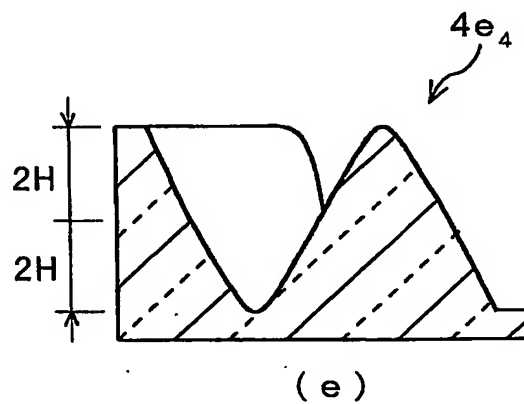
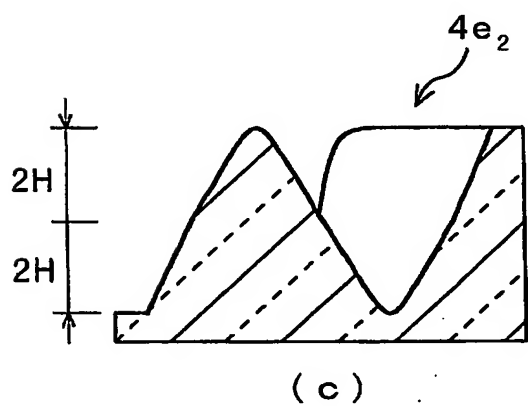
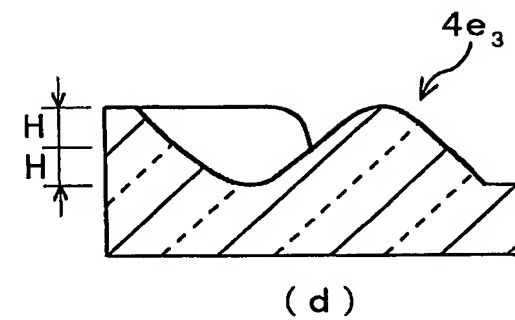
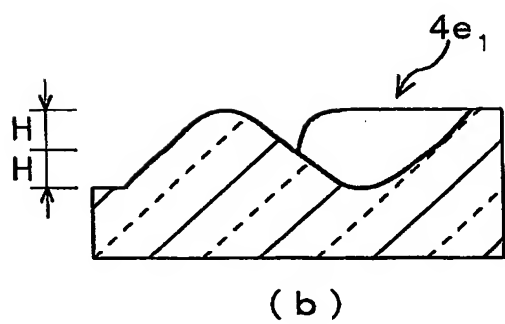
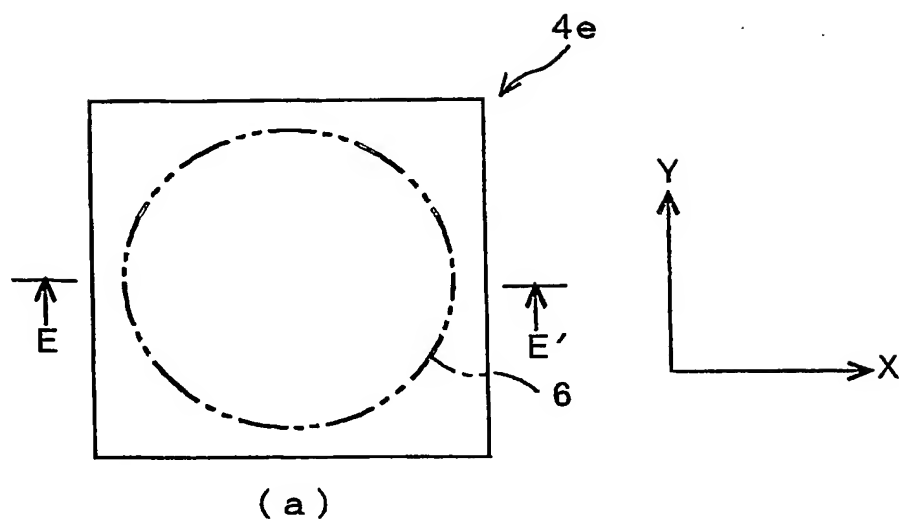
収差量
(任意単位)



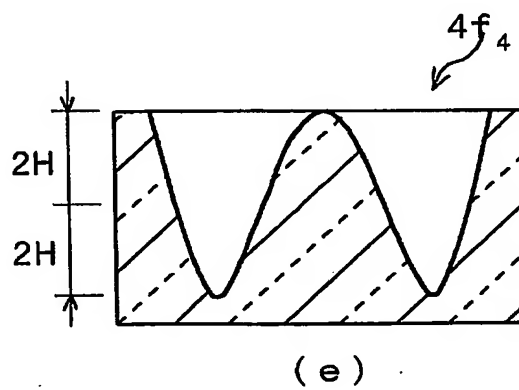
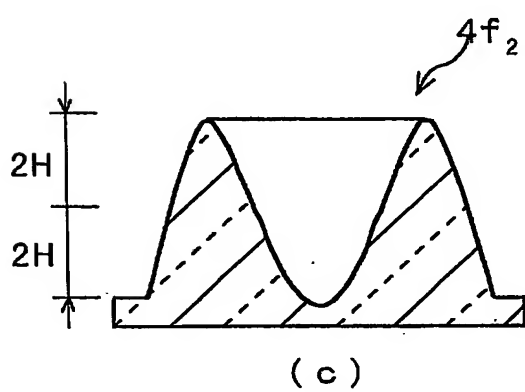
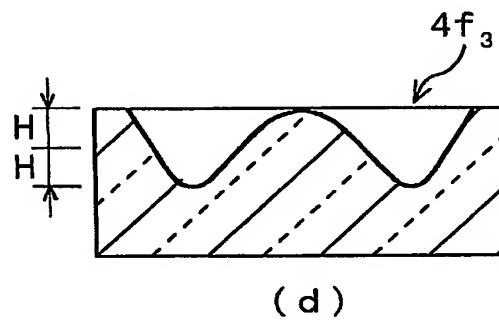
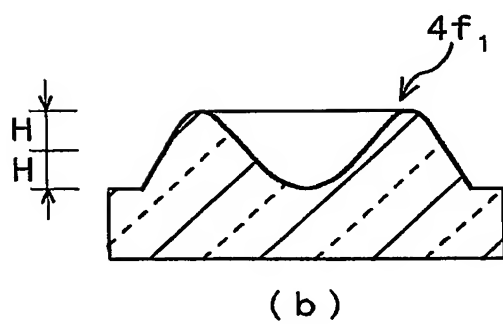
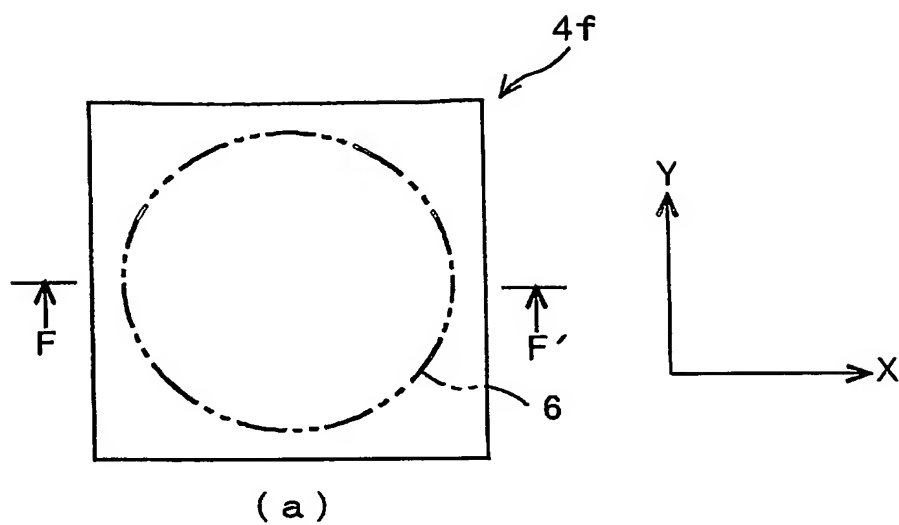
位置 (任意単位)

(h)

第 10 図

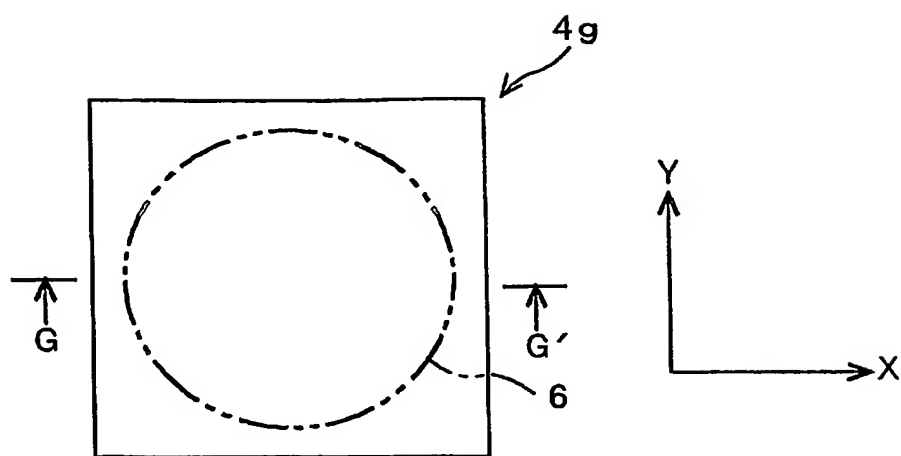


第 11 図

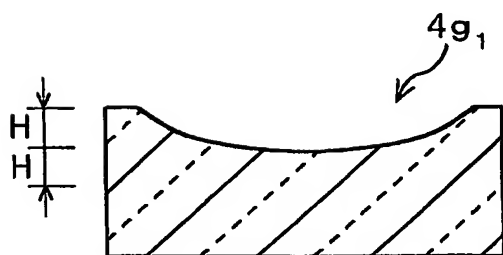


12/15

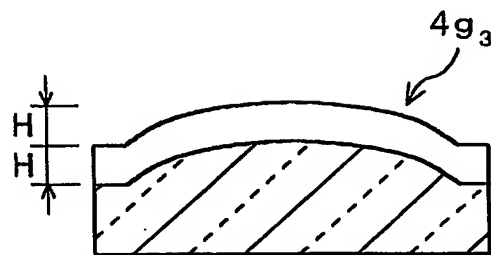
第 12 図



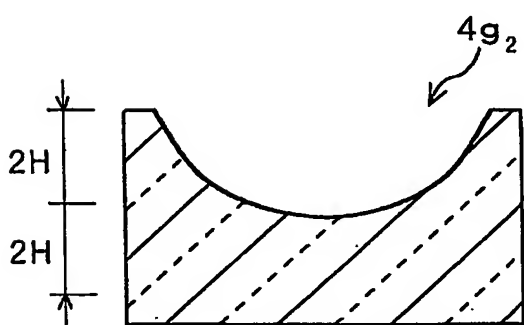
(a)



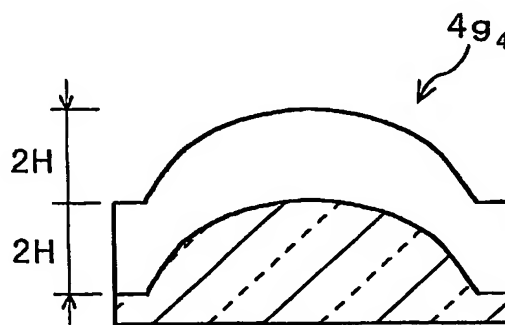
(b)



(d)



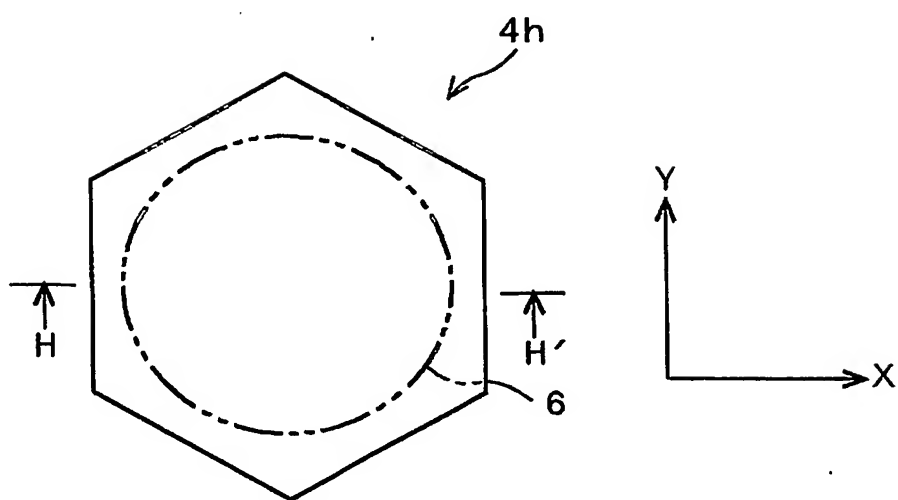
(c)



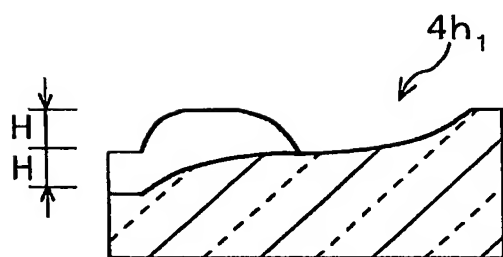
(e)

13/15

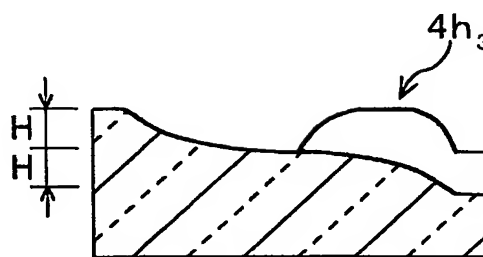
第 13 図



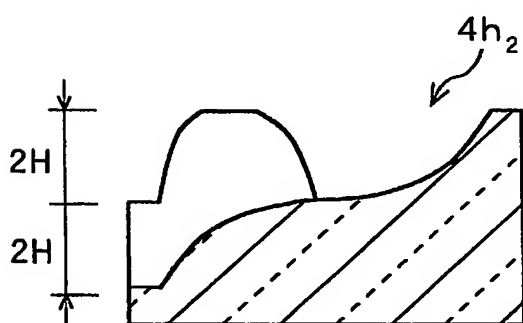
(a)



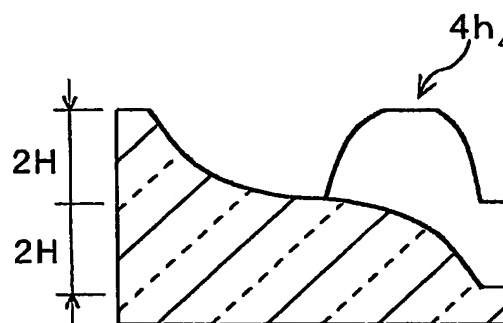
(b)



(d)



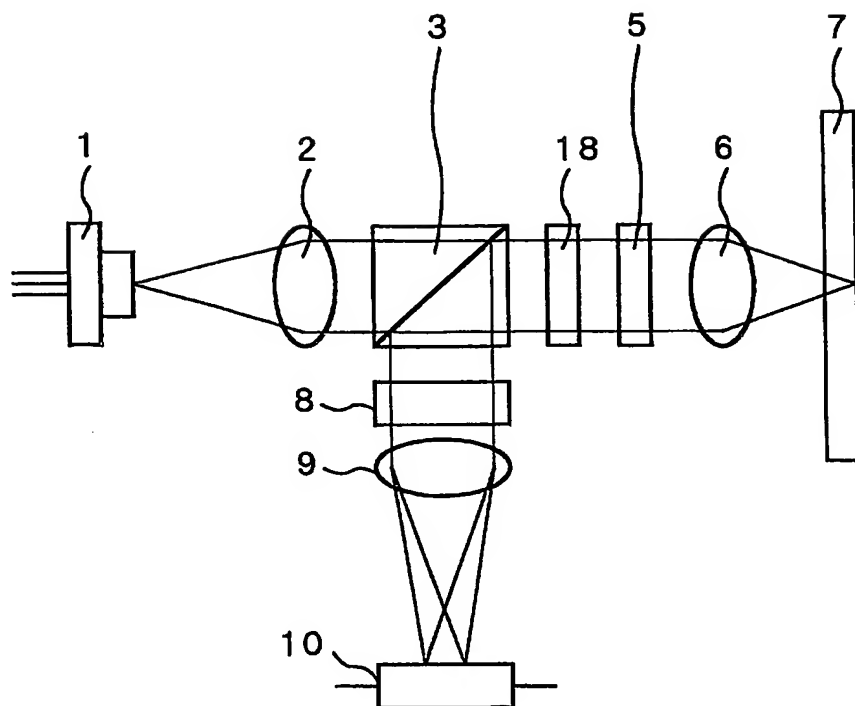
(c)



(e)

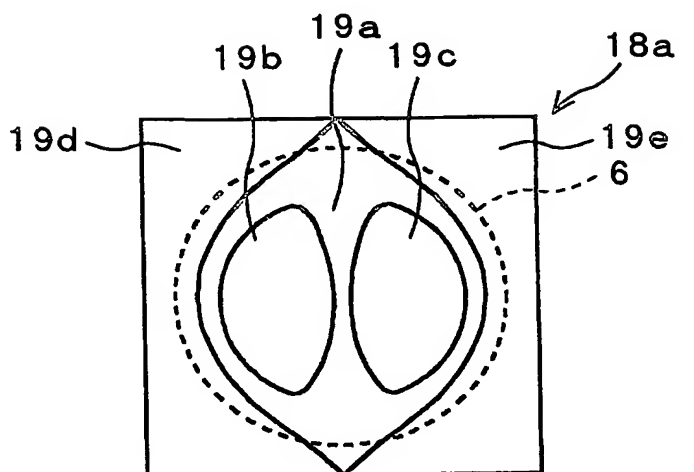
14 / 15

第 14 図

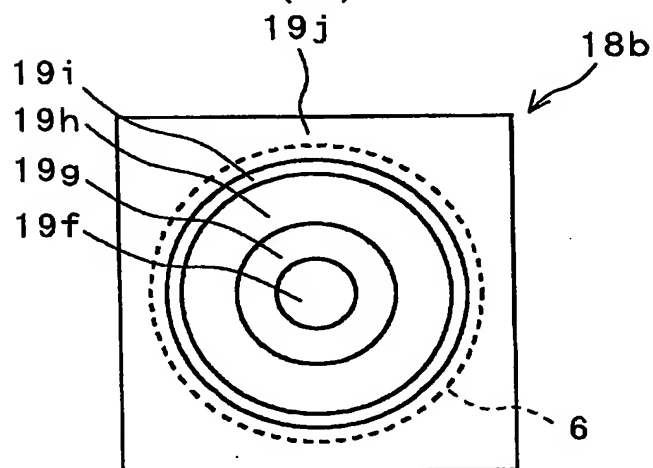


15 / 15

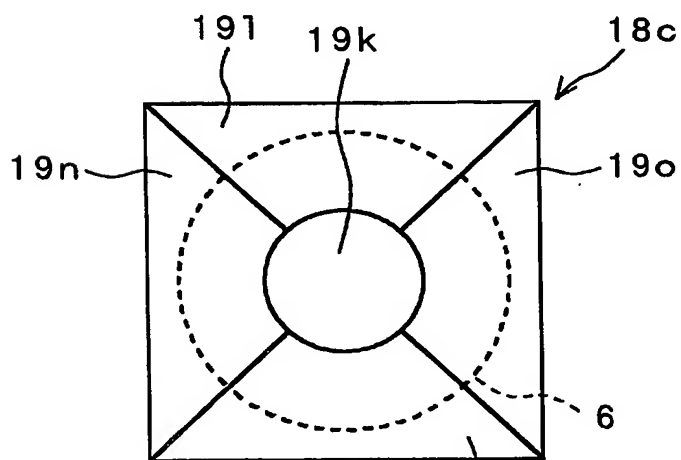
第 15 図



(a)



(b)



(c)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G11B7/135, 7/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G11B7/135, 7/22, G02B13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2-218022 A (Ricoh Co., Ltd.), 30 August, 1990 (30.08.90), Full text; Figs. 1 to 9 Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-3, 9, 12-17 4-8, 10, 11
X A	JP 6-324281 A (Ricoh Co., Ltd.), 25 November, 1994 (25.11.94), Full text; Figs. 1 to 5 Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-3, 9, 12-17 4-8, 10, 11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 August, 2004 (09.08.04)

Date of mailing of the international search report
24 August, 2004 (24.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G11B 7/135 , 7/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G11B 7/135 , 7/22 , G02B 13/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2-218022 A (株式会社リコー) 1990.08.30 全文, 第1-9図	1-3, 9, 12-17
A	全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	4-8, 10, 11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.08.2004

国際調査報告の発送日

24.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

五貫 昭一

5D

9368

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 6-324281 A (株式会社リコー) 1994. 11. 25 全文, 図1-5	1-3, 9, 12-17
A	全文, 図1-5 (ファミリーなし)	4-8, 10, 11